

Tesis de Posgrado

Climatología sinóptica de las precipitaciones en Cuyo

Compagnucci, Rosa Hilda

1988

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Ciencias Meteorológicas de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:

Compagnucci, Rosa Hilda. (1988). Climatología sinóptica de las precipitaciones en Cuyo. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.
http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_2202_Compagnucci.pdf

Cita tipo Chicago:

Compagnucci, Rosa Hilda. "Climatología sinóptica de las precipitaciones en Cuyo". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 1988.
http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_2202_Compagnucci.pdf

EXACTAS UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



UBA

Universidad de Buenos Aires

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Tema de Tesis

"CLIMATOLOGIA SINOPTICA DE LAS PRECIPITACIONES EN CUYO"

Autor

ROSA HILDA COMPAGNUCCI

Director de Tesis

Dr. WALTER M. VARGAS

Lugar de Trabajo

DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA, FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

Tesis presentada para optar por el título de
Doctor en Ciencias Meteorológicas

1988

2202
Ej:2

A Humberto Víctor Compagnucci
y
A María Rosa Ivan de Compagnucci
Mis Padres

INDICE

	Pág.
1._ Introducción	1
2._ Objetivos y esquema del trabajo	4
3._ <u>Campos de presión a nivel del mar</u>	8
3.1. Consideraciones generales y antecedentes históricos de la clasificación de los campos de presión	9
3.2. Datos utilizados	14
3.2.1. Plasmode	14
3.2.2. Datos de presión	16
3.3. Metodología a aplicar	22
3.3.1. Métodos de correlación	23
3.3.1.1. Método de Lund	23
3.3.1.2. Método de Blasing	35
3.3.2. Método de encadenamiento (Mc Quitty)	38
3.3.3. Análisis factorial	47
3.3.4. Criterios de selección de la metodología a utilizar	59
3.3.5. Formas de la matriz de entrada	63
3.3.5.1. Modo-T versus Modo-S	65
3.3.5.1.1. Modo-S	66
3.3.5.1.2. Modo-T	70
3.3.6. Formalización matemática del análisis por componentes principales	72
3.4. Resultados del análisis de los campos de presión a nivel del mar	77
3.4.1. Climatología sinóptica de los campos de presión de superficie	77
3.4.1.1. Campos medios	77
3.4.1.2. Campos de desvío estandar	79
3.4.1.3. Análisis por componentes principales	79
3.4.1.3.1. Diagramas de Lev	81
3.4.1.3.2. Configuraciones prototípicas o modelos	83
3.4.1.3.3. Porcentajes de varianza explicados por las componentes	98
3.4.1.3.4. Varianza explicada por los modelos en términos del signo de la perturbación	102

INDICE (continuación)

	Pág.
3.4.2. Variabilidad entre subperíodos	107
3.4.3. Variabilidad interanual de los campos de presión de los meses de mayo, junio, julio y agosto	111
3.4.3.1. Mayo	116
3.4.3.2. Junio	123
3.4.3.3. Julio	132
3.4.3.4. Agosto	143
3.4.3.5. Conclusiones del análisis de la variabilidad interanual de las muestras mensuales independientemente estudiadas	155
3.4.4. Variabilidad interanual de la circulación invernal	160
3.4.4.1. Modelos de los campos de presión de superficie obtenidos del análisis por componentes principales	160
3.4.4.2. Relación entre la distribución de los modelos invernales y la precipitación	162
3.4.4.3. Relación entre la evolución de la circulación de superficie y el régimen de la precipitación en las pendientes chilena y argentina de la cordillera	165
4. <u>Precipitación en la Cordillera de los Andes entre 30°S y 40°S</u>	180
4.1. Consideraciones generales y algunos antecedentes del análisis de la precipitación en el área de la Cordillera de los Andes entre 30°S y 40° S	181
4.2. Datos utilizados	184
4.3. Coherencia espacial de la precipitación en la cordillera	187
4.4. Marcha estacional del coeficiente de correlación	191
4.5. Algunos parámetros estadísticos de la serie de Santiago de Chile	196
4.6. Componentes no aleatorias de la serie de precipitación de Santiago de Chile	197
4.6.1. Análisis de ciclos y secuencias	197
4.6.2. Filtro de "Low Pass" y espectro de potencia de la serie de totales invernales de precipitación en Santiago de Chile	198

INDICE (continuación)	Pág.
4.6.3. Series de precipitación en Santiago de Chile extendida hasta el año 1010	204
5._ <u>El Niño</u>	207
5.1. Descripción del fenómeno "El Niño"	208
5.2. El evento "El Niño" y la precipitación en la Cordillera de los Andes	212
5.3. El evento "El Niño" y los campos de presión de superficie para el Cono Sur de Sudamérica	215
6._ Conclusiones generales	221
Bibliografía	224

AGRADECIMIENTOS:

En primer lugar deseo agradecer al Dr. Walter Mario Vargas que trascendiendo los límites de Director de la Tesis, fue el gran amigo y consejero que con su infinita paciencia me alentó en los momentos de duda y me ayudó a encontrar las fuerzas para terminar el trabajo.

En Federico Norte, recuerdo a todos mis amigos y compañeros de trabajo que contribuyeron a lo largo de estos años de mil maneras, pues nombrarlos a todos resulta imposible.

A Luis Fornero debo agradecerle que brindara tan generosa y desinteresadamente su tiempo para realizar los programas de computación que fueron necesarios para el trabajo, y el interlocutor que encontré en Mendoza para discutir la teoría y los primeros resultados.

Al Dr. Michael B. Richman, Illinois Department of Energy and Natural Resources, la posibilidad que me brindó de poder discutir con él la teoría de componentes principales, y hasta en algunos casos llegando a resolver en la computadora a su disposición parte de una prueba que en esos momentos resultaba imposible en Mendoza pues contaba en esa época con un ordenador que no permitía ese cálculo, esos resultados que finalmente nunca fueron impresos sirvieron sin embargo a la parte metodológica de la tesis y a testear los programas que se usaron.

Al ingeniero Francisco von Wuthenau que dirigía el Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de

Mendoza, lugar donde inicié los trabajos de esta tesis y que brindó su confianza y puso los medios técnicos a disposición.

Al Dr. Mario Nuñez, Director del Departamento de Meteorología por poner a disposición los medios del Departamento de Meteorología, lugar en que se desarrollaron los dos últimos años de trabajo.

Al Dr. Richard Branham, Jefe del Servicio Centralizado de Computación, y a todo el personal, por la ayuda y colaboración.

Al personal del Centro de Computos de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, que gracias a su atención especial permitieron que se realizaran las últimas y más arduas tareas de cómputos.

A la Sta. Roxana Vasques Ferro le agradezco su colaboración paciente y esmerada en la compaginación del trabajo.

Deseo expresar también mi agradecimiento a las personas e instituciones que contribuyeron a la realización de esta tesis. Al personal del CRICYT-ME en general y del IANIGLA en particular.

Al Servicio Meteorológico Nacional por proveer la mayor parte de la información que requirió el estudio.

Al personal del Servicio Meteorológico Nacional por su cooperación.

Al personal, y a los compañeros y amigos del Departamento de Meteorología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.

Al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas.

Rosa Hilda Compagnucci

1. _ INTRODUCCION

En meteorología hay importantes líneas de trabajo orientadas a mejorar el conocimiento y la predicción del tiempo y el clima. Dos de ellas son : los modelos numéricos basados en los procesos físicos y los modelos estadísticos aplicados al campo de la climatología - sinóptica. Estos últimos se refieren al estudio local o regional del clima, sus variaciones, fluctuaciones, tendencias, ciclos y su relación con los procesos de la circulación atmosférica.

"El propósito básico de la climatología-sinóptica es relacionar el clima local o regional con un marco de referencia significativamente adecuado, como es la circulación atmosférica, en lugar de usar una base arbitraria de tiempo para definir los valores medios o modales. Esencialmente hay dos pasos a seguir para realizar un estudio climático-sinóptico; primeramente determinar categorías de los tipos de circulación atmosférica y segundo realizar la ponderación de los elementos del tiempo en relación con esas categorías". "The basic aim of synoptic climatology, then, is to relate local or regional climates to a meaningful frame of reference - the atmospheric circulation- instead of using an arbitrary time base for assessing the average or modal values. There are essentially two stages to a synoptic climatological study:

1- The determination of categories of atmospheric circulation

type.

2- The assessment of weather elements in relation to these categories." (Barry and Perry, 1973, pag.7)

En este contexto, la tipificación de los campos de variables meteorológicas permiten resumir toda la información o la mayor parte de ella en un número pequeño y por lo tanto útil de modelos significativos.

En este sentido, los campos báricos de superficie, son de especial interés dado que ellos reflejan, en gran medida, la estructura general de las situaciones sinópticas. Los campos de presión de superficie resumidos en un número pequeño de modelos, facilitan la definición de la relación existente entre las configuraciones de éstos y los fenómenos significativos; y permiten cuantificar el análisis de variaciones o anomalías que pudieran haber ocurrido en el área.

Es numerosa la bibliografía de trabajos realizados con el fin de obtener configuraciones típicas de campos de variables meteorológicas. Richman(1983) señala que en más de sesenta artículos de revistas periódicas climáticas o meteorológicas de los últimos tres años se analizan modelos de campos meteorológicos o anomalías y fluctuaciones de variables meteorológicas aplicando técnicas de análisis factorial. Un ejemplo de ello es el trabajo de Pittock(1980) referido a las configuraciones de variaciones climáticas en la Argentina para los campos de precipitación y temperatura.

A esta lista se suman los trabajos en los cuales se utilizaron metodologías subjetivas de tipificación tales como los de Van Beber y Köppen(1895), Gold(1920), Pick(1929 y 1930),

Bilham(1938), el método de "Grosswetterlagen" (Baur 1947,1948) y los trabajos realizados durante las décadas del sesenta y setenta utilizando métodos tendientes a obtener un grado mayor de objetividad, como lo son Lund(1963), Houghton(1969), Elasing(1975) y Paegle (1974).

En Barry y Perry(1973) y Richman(1980) se encuentra una amplia lista de citas bibliográficas acerca de los métodos de clasificación comunmente empleados. Algunos de estos antecedentes se comentarán en las secciones referentes a la metodología.

La mayoría de los trabajos de clasificación de los campos de variables meteorológicas se realizaron para áreas, países ó continentes del Hemisferio Norte, o éste en su totalidad, y algunos otros para Australia, Sud Africa, o sectores del Hemisferio Sur, pero aún no se cuenta con un análisis objetivo de las configuraciones de los campos de presión a nivel del mar, de interés climático, para la parte sur de Sudamérica. El estudio de De Fina y Ravelo (1973, pág.128-131) indica la importancia de obtener para Argentina una clasificación de las configuraciones de presión de superficie con el objetivo de asociarlas a probabilidades de ocurrencia de fenómenos meteorológicos significativos para distintas áreas del país. Plantean como metodología una clasificación cuasi-objetiva a partir de un índice de presión confeccionado con valores de ocho localidades, llamado método RDF y utilizado por De Fina y Sabella(1958) para el pronóstico de lluvias en la Argentina. Otro antecedente es el trabajo de Nicolini y Norte(1980) donde se realiza una clasificación de las situaciones sinópticas proclives a dar granizo en el llano de Cuyo a sotavento inmediato de los Andes.

En general las investigaciones realizadas para el cono sur de Sudamérica (entre 25°S - 65°S y 40°O - 80°O) tuvieron otros enfoques ajenos al planteo de la climatología-sinóptica. Por ello Sturman(1979) señala que "a pesar de que el área comprendida por el cono sur de Sudamérica y la península Antártica debería ser ideal para el análisis de la influencia de cadenas montañosas sobre la circulación general en escala sinóptica, esto no ha sido estudiado con la suficiente atención".....",ha habido carencia de investigaciones relacionadas con la climatología sinóptica, especialmente para períodos de datos mayores que dos o tres años...". Queda de esta manera de manifiesto la necesidad de desarrollar la climatología - sinóptica del área.

2._ OBJETIVOS Y ESQUEMA DEL TRABAJO

El objetivo principal de este trabajo es la clasificación de los campos béricos de superficie para el cono sur de Sudamérica incluida la Península Antártica, como primera instancia para desarrollar un estudio climático-sinóptico de la precipitación en la Cordillera de los Andes entre 30°S y 40°S, utilizando los pasos recomendados por Barry y Perry (1973) anteriormente mencionados.

El régimen pluvial en la Cordillera de los Andes a esa latitud presenta dos características primordiales: la precipitación ocurre fundamentalmente en los meses de invierno y presenta una gran variabilidad interanual, con años de muy escasa precipitación y otros con una gran acumulación de nieve. Esta

variabilidad también se encuentra en otros parámetros meteorológicos, Minetti y otros (1982) llamaron "climato-sensible" al área debido a esta característica.

Los ríos de la región Cuyana tienen un caudal directamente relacionado con las precipitaciones invernales en la Cordillera de los Andes (Menegazzo de García y Radicella 1982, Jornadas de Nivo-glaciología 1969, Jornadas Científico-tecnológicas: "El agua y el futuro regional" 1973, Minetti 1985) y por lo tanto presentan una gran variabilidad en su caudal. Valores mayores a lo esperado han provocado problemas de seguridad civil y en otros casos se han registrado largos períodos de caudales mínimos.

Se decidió por ello centrar el estudio en el período invernal, definido por los meses que presentan el porcentaje climatológicamente significativo de precipitaciones en la Cordillera de los Andes entre 3000 y 4000 m, comprendido por los meses de Mayo a Agosto (Ereño C.E. y J.A.J. Hoffmann 1978),

Previamente al estudio de las configuraciones básicas de superficie, como reflejo de la circulación general de la atmósfera, se presenta una exposición detallada de los métodos comúnmente empleados para clasificar campos de variables meteorológicas, y una discusión de las conveniencias del uso del análisis por componentes principales señalando algunas características propias de esta metodología. La clasificación de los campos de presión de superficie se realiza mediante el análisis por componentes principales no-rotadas, utilizando una matriz de entrada del modo-T (Green, 1978), para la cual el índice de asociación es el coeficiente de correlación entre pares de días.

En un segundo paso se estudian las características de la

precipitación en la región Andina Central, a barlovento y sotavento de los Andes, y se analiza la posibilidad de relación entre la variabilidad de la precipitación y los modelos de las configuraciones sinópticas.

El fenómeno del Niño, es presentado finalmente en un tercer paso, como una singularidad de la circulación general de la atmósfera y de la interacción océano atmósfera, con el fin de analizar si es posible determinar alguna influencia mensurable sobre las configuraciones b́aricas y por ende sobre el ŕegimen de precipitación asociado.

El diagrama del trabajo se muestra en la figura (1).

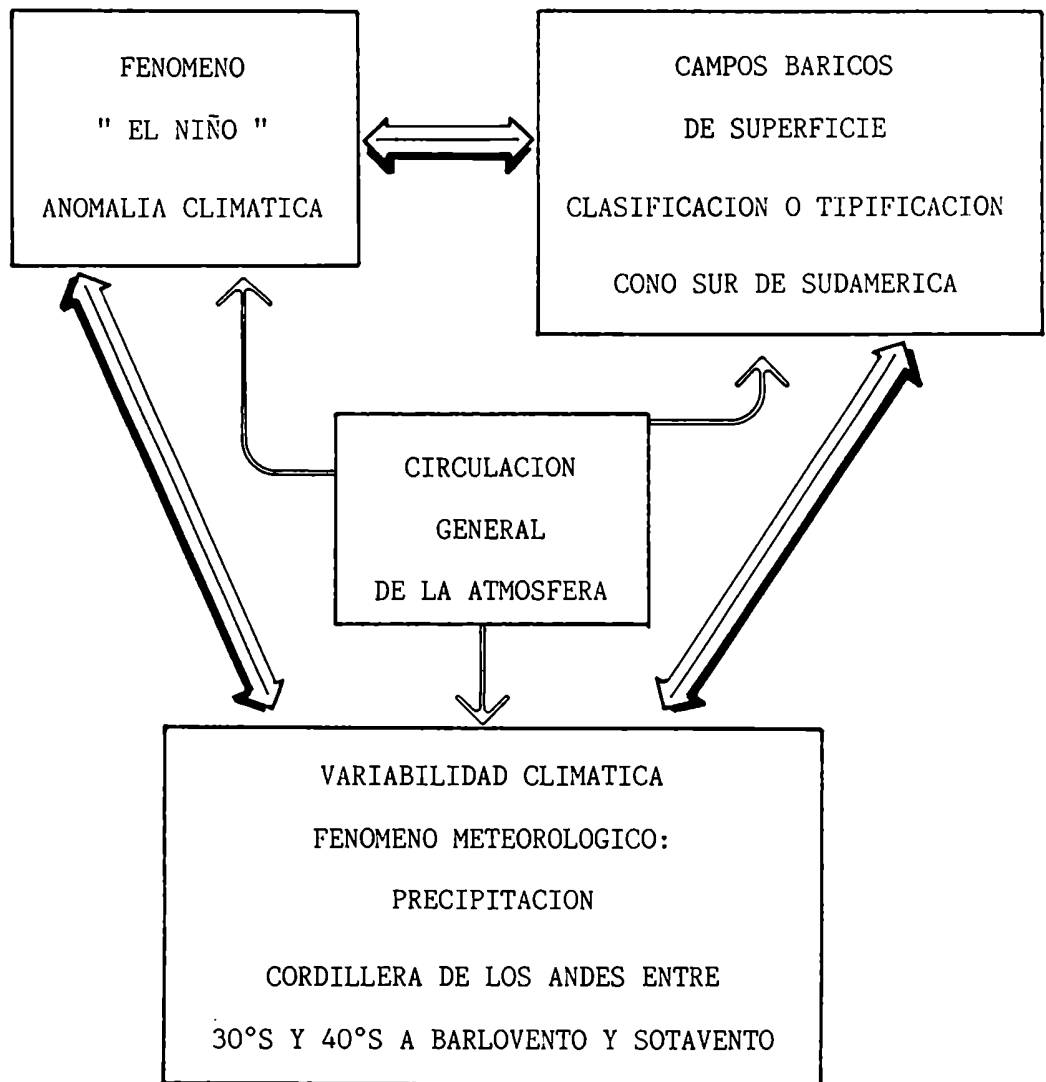


Figura 1: Diagrama del Trabajo

3_CAMPOS DE PRESION
A NIVEL DEL MAR.

3.1_ Consideraciones generales y antecedentes históricos de la clasificación de los campos de presión.

El trabajo con datos reales, en este caso mapas sinópticos e información dada por las estaciones sinópticas, requiere del manejo de un gran volumen de información. También es necesario tener en cuenta la calidad y representatividad de dichos datos dado que son dos limitantes y determinantes de la metodología a utilizar. El tópico es abordado en los ítems correspondientes a datos y metodología de este mismo capítulo.

El objetivo principal en esta parte del trabajo es dilucidar entre una aparente gran diversidad de campos béricos de superficie, (son analizados en total 1476 campos de presión), unas pocas categorías o modelos prototípicos que resulten significativos, en otras palabras que no sean producto de "ruido", y representativos del conjunto. Se requiere de dichos modelos que puedan resumir la información esencial del grupo, no siendo sólo una representación matemática, sino que reflejen en síntesis a los datos originales, de tal manera que las conclusiones obtenidas del análisis de los mismos ofrezca una descripción significativa de la realidad.

Haciendo una revisión histórica de las metodologías empleadas con el fin de clasificar campos de variables meteorológicas, se encuentra que desde fines del siglo pasado se han realizado una gran variedad de trabajos en los que se obtuvieron clasificaciones subjetivas de los campos de presión, de

condiciones de la circulación y en general de la distribución espacial de las variables. Barry y Perry(1973) suministran, en su bibliografía, una exhaustiva lista de trabajos realizados utilizando clasificaciones subjetivas, las cuales tienen un gran número de inconvenientes. El más importante de ellos consiste en que, como las configuraciones atmosféricas conforman un continuo, presentan indeterminación de las fronteras entre clases. Entonces la cantidad de casos en cada clase y el número de éstas, presentes en la muestra total, no resulta determinado en forma definitiva sino depende del criterio y la experiencia del investigador. Este problemase agudiza al aumentar el tamaño de las muestras.

Los inconvenientes de las clasificaciones subjetivas hicieron que cobraran relevancia en las últimas décadas los métodos y técnicas objetivas entre las cuales se destacan cuatro categorías.

a._ Los métodos de correlación que consisten fundamentalmente en obtener los valores de correlación entre las variables y fijar un nivel de aceptación a partir del cual, para valores menores, se considera que dos variables ya no están correlacionadas. Más adelante se explicará detalladamente el método ideado por Lund (1963) y utilizado para obtener prototipos, y grupos correspondientes a los mismos, de los campos de presión a nivel del mar usando los datos dados por 22 estaciones del área este de los Estados Unidos de Norte America, para una muestra de 445 días. El mismo método fue utilizado por Houghton(1969) con el fin de clasificar alturas de 700 mb., sumándole a la metodología definida por Lund, que la desviación estandar para cada grupo de

alturas diarias no fuese mayor que 20 mts. entre días del mismo grupo, como criterio adicional. Anderson(1967) utilizó el método de correlación para clasificar la circulación sobre Europa y el este del Atlántico Norte. De las 541 situaciones sinópticas analizadas, sólo pudo clasificar 11 grupos quedándole 213 situaciones sin agrupar, pues utilizó un nivel de aceptación de 0.9 que es una exigencia muy alta para el coeficiente de correlación. Los grupos resultan de esta manera internamente homogéneos pero es insatisfactoria la omisión de tantos días sin clasificar. Daly(1978) utilizó la metodología con el fin de obtener el número de campos recurrentes para la topografía de 500 mb. del área noroeste de Norte América. Dada la indeterminación contenida en algunos pasos del método, Blasing(1975) introdujo una variante del mismo, la cual será posteriormente explicada con detalle. Vargas y Compagnucci(1986) utilizaron el método de Lund para obtener regiones del sur de Sudamérica homogéneas con respecto a las fluctuaciones de la presión de superficie. Minetti y Sierra(1985) obtuvieron, para el área del sur de Sudamérica, los tipos de campos de presión a nivel del mar de una muestra referencial y de dos meses característicos que presentan extremos opuestos de precipitación en la Cordillera de los Andes. Definieron como modelos tipo al campo medio de cada grupo formado al clasificar las configuraciones diarias de presión de la muestra referencial aplicando el método definido por Lund.

b._ El término "especificación" fue definido por Wardsworth, Gordon y Bryan(1948) como: una representación matemática de la distribución de una variable en una región dada. Esta es la esencia de las técnicas de especificación mediante funciones

ortogonales y análisis armónico. Consiste en el ajuste de los datos a una función mediante cuadrados mínimos, ó polinomios ortogonales. Barry y Perry(1973) entre otros, le objetan al método, principalmente, que este se basa en que el campo considerado es ajustado a una configuración predeterminada, lo cual traería aparejados inconvenientes en su interpretación. El método del análisis armónico obviaría esta dificultad pero presentaría otras. Posiblemente debido a estos inconvenientes, no hay ejemplos de clasificaciones sinópticas realizadas mediante estas metodologías en la literatura meteorológica. En este trabajo se descarta la posibilidad de utilizarlas por considerar más ventajosas para el propósito aquí expuesto cualquiera de las otras metodologías de clasificación.

c._ Los métodos de "linkage" o encadenamientos son procedimientos utilizados para agrupar individuos o variables en clases. O sea, que dentro de cada grupo la relación entre los elementos del mismo queda categorizada. McQuitty(1957) propone un método de encadenamiento simple, creado por él, para agrupar individuos en base a los puntajes obtenidos de encuestas y tests. Mientras que en el encadenamiento simple se analizan las correlaciones entre los pares de individuos, el encadenamiento múltiple tiene en cuenta la varianza interna de cada grupo además de su promedio de separación. Gregory(1964) y Perry(1968) utilizaron el método propuesto por McQuitty para la clasificación de parámetros climáticos, pero el encadenamiento múltiple no parece haber sido usado, por lo menos hasta mediados de la década del setenta, con propósitos climáticos o meteorológicos. En la sección de descripción de las metodologías

se describirán en detalle los pasos del método propuesto por McQuitty.

d._ Las técnicas de componentes principales, o autovalores y autovectores, o funciones ortogonales empíricas permiten representar un gran conjunto de datos intercorrelacionados en un número relativamente pequeño de funciones no correlacionadas. Estas funciones, no están predeterminadas y representan nuevas combinaciones de una o más características de los modelos, campos o configuraciones de las variables inicialmente seleccionadas. El primero en proponer su utilización para resolver problemas meteorológicos fue Lorenz(1956) y algunas de las primeras aplicaciones en este sentido, son los trabajos de Grimmer(1963) y Stidd(1967). Las características de estas técnicas y su aplicabilidad en las ciencias meteorológicas son discutidas por Craddock(1973). Es creciente el número de trabajos, que en los últimos años, aparecen en revistas dedicadas a la meteorología y climatología, en los que se utiliza como metodología el análisis por componentes principales. Esta difusión explosiva de la técnica posiblemente se deba a dos causas fundamentales. La primera es la ventaja que presenta en cuanto a la objetividad, frente a otros métodos de clasificación, (ventajas y desventajas serán discutidas en párrafos posteriores). La segunda, es su factibilidad de empleo desde que se dispuso de grandes computadoras. Algunos antecedentes en la Argentina de trabajos para los cuales se utilizó esta técnica son: Barros y Rodriguez Seró(1981), Llorent y Necco(1979 y 1983), Boninsegna y Compagnucci(1979), Vargas y Compagnucci(1983a, 1983b, y 1983c), Compagnucci y Peña y Lillo(1984), Compagnucci, Fornero y

Vargas(1984),Compagnucci y Vargas(1985a, 1985b y 1986), Vargas y Compagnucci(1986), Compagnucci(1987a y 1987b) y Vargas(1987). En estos trabajos se aplicó de distintas maneras y con diversos fines, el análisis por componentes principales o variaciones del mismo, ya sea para variables meteorológicas de altura como de superficie. En ellos se tiene un ejemplo de la diversidad de su aplicabilidad.

3.2 -- Datos utilizados.

3.2.1 - " Plasmode"

De acuerdo a Cattell y Sullivan(1962) un "plasmode" está constituido por un grupo de variables las cuales contienen una interacción o información previamente conocida. Constituye una muestra de datos simples para los cuales ya se conoce la respuesta que se desea obtener al aplicarles un análisis o metodología determinada.

La figura (2) contiene las representaciones de campos báricos simples, cada uno de los cuales está descripto mediante los valores de presión asignados a cada uno de los 36 puntos de un enrejado cuadrangular de 6 por 6 puntos.

Este plasmode consta de tres flujos básicos los cuales son: un campo meridional, un campo zonal y un centro cerrado. Con sus respectivos inversos constituyen un conjunto de seis situaciones diferentes que se muestran en la figura (2).

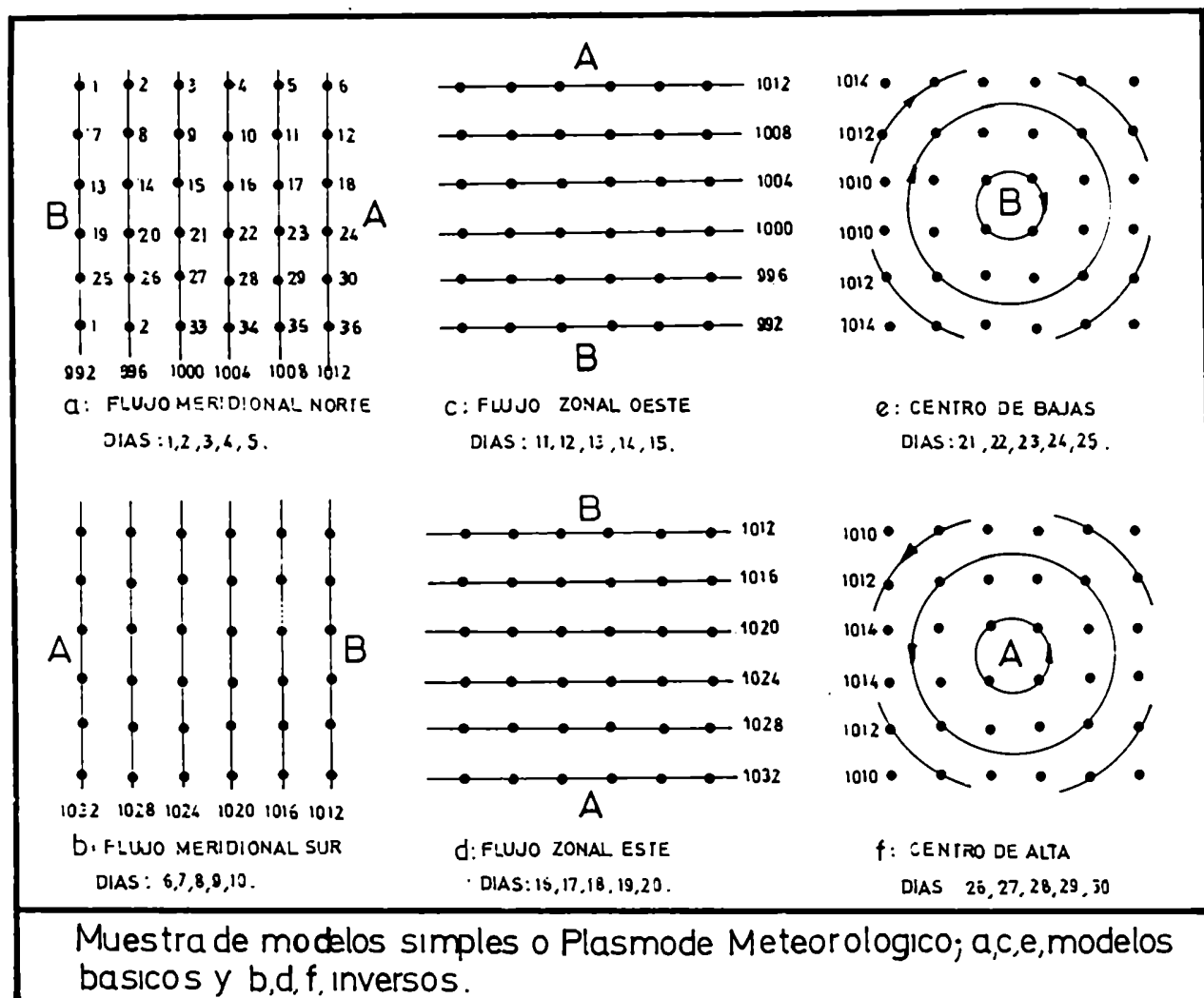


Figura 2: Plasmode meteorológico formado por tres campos teóricos de presión a nivel del mar y sus respectivos inversos (30 casos o campos y 36 puntos de enrejado).

A cada una de las seis situaciones iniciales se le suman otras cuatro obtenidas cambiando, en forma azarosa dentro de un rango de $+ 0 - 1\text{mb.}$, los valores en los puntos de enrejado.

El plasmode queda así formado por 30 campos de presión tales que las medias en cada punto de enrejado son iguales a 1012mb. y por lo tanto el campo medio es "chato". Fue diseñado y utilizado por Vargas y Compagnucci (1983a y 1983b) y empleado por Richman (1986).

Cuando lo que se desea es clasificar campos diarios de presión a nivel del mar, hay dos maneras de considerar la matriz de entrada de datos. Una posibilidad consiste en relacionar los pares de días, o sea considerar como variables a los días, se llama Modo-T. En la otra se relacionan los pares de puntos de enrejado o series de presión, y se llama Modo-S (Green, 1978). El plasmode meteorológico es utilizado en este trabajo para determinar el modo de matriz de entrada más conveniente para clasificar campos diarios de presión mediante el análisis por componentes principales no-rotadas.

3.2.2 - Datos de presión.

Para obtener las configuraciones básicas prototípicas se emplea un archivo formado por los valores de presión al nivel del mar, de la hora 12 Z, registrados en 81 estaciones (tabla, 1) del enrejado que se muestra en la figura (3). Son analizados los 1476 días pertenecientes a los meses de mayo a agosto del período 1972 a 1983. Durante esos años se registró una gran variabilidad

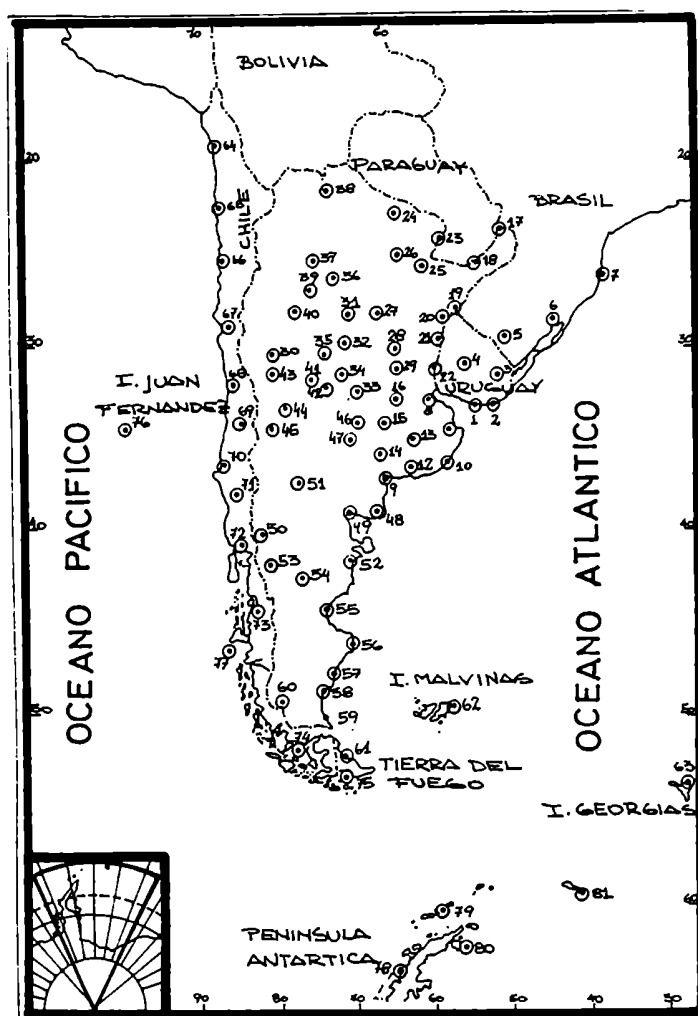


Figura 3: Red de estaciones usada para el análisis de los campos de presión de superficie (en Tabla 1 se presenta el listado con el nombre, numeración, latitud, longitud y altitud de las estaciones).

Tabla 1: Nombre, número , localización geográfica y altitud de las estaciones que comprende la red utilizada para el análisis de los campos de presión de superficie.

Número en el mapa	Nombre	Numeración internacional	Latitud	Longitud	Altitud m.s.n.m.
1	Montevideo	86-580	34°51'	56°61'	22
2	Punta del Este	86-595	34°58'	54°57'	16
3	Treinta y Tres	86-500	33°13'	54°23'	44
4	Rio Negro	86-460	32°40'	56°40'	--
5	Bagé	84-980	29°42'	53°50'	--
6	Porto Alegre	84-971	31°01'	51°13'	47
7	Florianópolis	84-895	27°35'	48°34'	2
8	Ezeiza	87-576	34°49'	58°32'	20
9	Bahía Blanca	87-750	38°44'	62°11'	83
10	Mar del Plata	87-692	37°56'	57°35'	24
11	Dolores	87-648	36°21'	57°44'	9
12	Tres Arroyos	87-688	38°20'	60°15'	115
13	Azul	87-642	36°44'	59°50'	132
14	Pigüe	87-679	37°37'	62°25'	304
15	Pehuajó	87-544	35°51'	61°52'	87
16	Junín	87-548	34°33'	60°57'	81
17	Iguazú	87-097	25°41'	54°27'	180
18	Posadas	87-178	27°22'	55°58'	133
19	Paso de los Libres	87-289	29°41'	58°09'	70
20	Montecaseros	87-393	30°16'	57°39'	107
21	Concordia	87-395	31°18'	58°01'	38
22	Gualeguaychú	87-497	33°00'	58°37'	24
23	Formosa	87-162	26°12'	58°14'	65
24	Las Lomitas	87-078	24°42'	60°35'	130
25	Corrientes	87-166	27°27'	58°46'	57
26	Sáenz Peña	87-149	26°49'	60°27'	92
27	Ceres	87-257	29°53'	61°57'	88
28	Sauce Viejo	87-371	31°42'	60°49'	18
29	Rosario	87-480	32°55'	60°47'	27
30	San Juan	87-311	31°34'	68°25'	598
31	Villa María del Rio Seco	87-241	29°54'	63°41'	341
32	Córdoba	87-344	31°19'	64°13'	474
33	Laboulaye	87-534	34°08'	63°24'	138
34	Rio Cuarto	87-453	33°05'	64°16'	421
35	Villa Dolores	87-328	31°57'	65°08'	569
36	Santiago del Estero	87-129	27°46'	64°18'	199
37	Tucumán	87-116	26°48'	65°12'	481
38	Orán	87-016	23°09'	64°19'	357
39	Catamarca	87-220	28°27'	65°46'	531
40	La Rioja	87-217	29°23'	66°49'	430
41	San Luis	87-436	33°16'	66°21'	713

Número en el mapa	Nombre	Numeración internacional	Latitud	Longitud	Altitud m.s.n.m.
42	Villa Mercedes	87-448	33°44'	65°23'	487
43	Mendoza				
	(El Plumerillo)	87-418	32°50'	68°47'	746
44	San Rafael	87-509	34°35'	68°24'	746
45	Malargüe	87-506	35°30'	69°35'	1423
46	General Pico	87-532	35°42'	63°45'	140
47	Santa Rosa	87-623	36°34'	64°16'	89
48	Viedma	87-791	40°51'	63°01'	60
49	San Antonio Oeste	87-784	40°44'	64°57'	7
50	San Carlos				
	de Bariloche	87-765	41°09'	71°10'	836
51	Neuquén	87-715	38°57'	68°08'	270
52	Trelew	87-828	43°14'	65°19'	39
53	Esquel	87-803	42°56'	71°09'	566
54	Paso de Indios	87-814	43°49'	68°53'	460
55	Comodoro Rivadavia	87-860	45°47'	67°27'	61
56	Puerto Deseado	87-896	47°44'	65°55'	79
57	San Julián	87-909	49°18'	67°43'	26
58	Santa Cruz	87-912	50°01'	68°34'	111
59	Rio Gallegos	87-915	51°38'	69°13'	17
60	Lago Argentino	87-903	50°20'	72°18'	223
61	Rio Grande	87-934	53°48'	67°45'	10
62	Puerto Argentino	87-890	51°70'	57°00'	51
63	Gritviken	88-903	54°16'	36°30'	3
64	Iquique	85-418	20°13'	70°09'	8
65	Antofagasta	85-442	23°26'	70°28'	119
66	Chañaral	85-460	26°21'	70°42'	13
67	La Serena	85-500	29°54'	71°15'	132
68	Quintero	85-543	32°47'	71°32'	2
69	Curicó	85-629	34°59'	71°14'	211
70	Concepción	85-683	36°50'	73°03'	10
71	Temuco	85-743	38°46'	72°39'	114
72	Puerto Montt	85-801	41°28'	72°56'	13
73	Puerto Aysen	85-862	45°24'	72°42'	10
74	Punta Arenas	85-934	53°10'	70°54'	20
75	Diego Ramirez	85-972	56°32'	68°43'	25
76	Isla Juan Fernandez	85-585	33°37'	78°52'	5
77	Cabo Rager	85-889	46°50'	75°35'	40
78	Base Alte. Brown	88-971	64°52'	62°52'	8
79	Base Tte. Camara	88-984	64°58'	60°03'	22
80	Base Vcom. Marambio	89-055	64°14'	56°43'	198
81	Islas Orcadas	88-968	60°44'	44°44'	4

interanual en los caudales de verano del río Mendoza, medidos en Cacheuta, como puede observarse en la figura(35). Los mismos responden a la precipitación de invierno caída en la Cordillera entre 30°S y 40°S. Es posible entonces, suponer que la muestra elegida es estadísticamente no-sesgada .

El área de estudio está comprendida entre los paralelos 20°S y 65°S y los meridianos 40°O y 90°O que contiene al cono sur de Sudamérica y la Península Antártica.

Autores como, Craddock y Flood(1969), Barry y otros (1981), entre otros, han utilizado enrejados rectangulares, ya que los mismos evitan posibles sesgos en los resultados causados por las diferencias de densidad de información dentro del área de estudio. Sin embargo, en este trabajo se prefiere emplear el enrejado formado por las estaciones sinópticas de las redes meteorológicas de Argentina, Chile, Uruguay y del sur de Brasil, aunque el mismo sea irregular. Uno de los motivos de esta elección es que la información existente en el área de estudio está ubicada sobre el continente formando un triángulo angosto y largo, rodeado de una amplia zona oceánica con sólo algunas estaciones ubicadas en las islas ó esporádicamente datos de embarcaciones. No se consideró conveniente, ante esta situación, interpolar valores sobre las áreas oceánicas a partir del análisis sinóptico, por la subjetividad incontrolable que implica. Por otra parte, los métodos de clasificación mencionados no requieren de un enrejado rectangular.

De la red sinóptica existente se eligieron aquellas estaciones que durante el período 1972 a 1983 presentaron mayor continuidad en la información, aunque los registros no son

completos. Las estaciones del norte de Chile, sur del Brasil, Antártida e Islas Georgias y Orcadas del sur, son las que tienen sus registros más incompletos, pero por otra parte son las que definen los contornos del campo, por lo cual igualmente se las incluyó en el análisis.

Vargas y Compagnucci(1983b) encontraron que aún reduciendo la densidad de la red en un 50%, para la muestra constituida por 19 días del mes de Julio de 1977, se obtuvo con un 84.3% de la varianza, los mismos resultados que con el enrejado completo. Este sobre-dimensionamiento del enrejado utilizado, sumado a la facultad del análisis de componentes principales de excluir de las componentes de bajo orden, el "ruido" producido por errores de la información o datos (Gnanadesikan, 1977), permite suponer que las interpolaciones realizadas, a partir de los valores circundantes y del análisis del campo bórico, no introducirán cambios significativos en los resultados, respecto de los resultados teóricos que se obtendrían con una información completa y sin errores. Se recurre a algunas interpolaciones para tener una serie completa de información que faciliten el análisis temporal de anomalías.

De las horas para las cuales se confeccionan mapas sinópticos de superficie, se eligieron los campos bóricos para la hora 12Z, por ser los que contienen mayor información y por que el "día de precipitación" es el correspondiente a las 24 horas siguientes a las 9H.O.A.(hora oficial Argentina, hora del día de la fecha considerada) que corresponde a las 12 Z .

3.3 - Metodología a aplicar.

Con el fin de determinar la técnica de clasificación que mejor se adapte al objetivo del trabajo, -obtener los modelos o configuraciones típicas de los campos de presión de superficie para analizar su relación con la anomalía climática "El Niño", y la precipitación en la cordillera de los Andes-, se comparan las características de los métodos y resultados de aplicar las técnicas de correlación, de encadenamiento simple y el análisis por componentes principales. Se utiliza una muestra de datos reales formada por los valores de presión al nivel del mar en 81 puntos dados por estaciones meteorológicas de la fig.(3), medidos a la hora 12 Z, para los 186 días del mes de Julio durante el período de 1972 a 1977, usando de entrada una matriz de correlación día por día para todos los posibles pares (dimensión 186 por 186).

Entonces, el primer paso, para todas las técnicas aplicadas, consiste en obtener la matriz de correlación, llamada matriz de entrada, y que en este caso será del modo-T (Green, 1978).

Se podría haber utilizado otro tipo de matriz de entrada. Richman(1981) discute las ventajas y desventajas de utilizar como índice de relación entre las variables, la covarianza, el coeficiente de correlación, y las matrices de producto cruzado, para el caso del análisis por componentes principales. Barry y Perry(1973, pp280-282) señalan que se pueden utilizar tres clases

de medidas de similitud para formar clases o grupos, las mismas son: los coeficientes de asociación, los coeficientes de correlación y las medidas de distancia, dependiendo la elección de las características de los datos. Aunque tanto el método de correlación de Lund, como el método de encadenamiento simple de McQuitty, requieren de una matriz de entrada formada por los coeficientes de correlación entre las variables.

3.3.1 - Metodos de correlación:

3.3.1.1 - Método de Lund(1963) : Los pasos del método definido por Lund son los siguientes.

-El investigador determina un valor umbral ó límite del coeficiente de correlación, $r(t)$. En su trabajo Lund utilizó un valor límite de $r(t) = 0.7$. Los resultados aquí mostrados se obtuvieron para el mismo valor o sea $r(t) = 0.7$.

-En la matriz de correlación de los días por los días, tomando como observaciones los 81 valores de las estaciones señaladas en la fig(3), matriz de 186 por 186 valores de correlación, se localiza el día para el cual es mayor el número de días correlacionados con él, en un valor igual o mayor al $r(t)$ ó sea en nuestro caso, valores de correlación de 0.7 ó mayores.

Si por comodidad llamamos al día 19 de julio de 1972, día 1; al día 29 de julio de 1972, día 2; y así sucesivamente hasta el día 319 de julio de 1977 que será el día número 186, obtenemos al aplicar este paso el siguiente resultado:

El día 136 correspondiente al 12 de julio de 1976 es aquél

para el cuál mayor número de días se correlacionan con él en un valor del coeficiente de 0.7 o mayor. Siendo esos días los:

3 4 6 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
 21 22 23 24 25 26 29 30 32 33 34 37 38 41 42 44 54
 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71
 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 86 87 88 89 90 91 92
 93 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 110 111 112 113 114
 115 116 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 132 133
 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149
 150 151 152 157 158 159 160 161 162 163 164 185 185

Un total de 128 días.

-El día número 136 correspondiente al 12 de julio de 1976 es denominado Tipo-A y se lo extrae de la matriz de correlación al igual que todos aquellos días que tienen con él un valor de coeficiente de correlación de 0.7 ó mayor. En este caso se extraen 128 filas y 128 columnas correspondientes al orden señalado por los días dados en el paso precedente, quedará así una matriz de correlación de 58 por 58, ó matriz residual.

-En la matriz residual se localiza el día para el cuál mayor número de días se correlacionan con él, con un valor de $r(t)=0.7$ ó mayor. En este caso es el día número 84 correspondiente al 22 de julio de 1974 y los días que se correlacionan con él con valores mayores ó iguales a 0.7 son :

1 35 36 49 83 84 85 109 118 131 153 154 155 173

Un total de 14 días.

- El día número 84, 11 de julio de 1974, se lo denomina Tipo-B. Se lo extrae de la matriz de correlación al igual que los otros 13 días del grupo de los correlacionados con él en un

valor igual o mayor que $r(t)=0.7$. Queda así una nueva matriz residual de dimensión, en este caso, de 44 por 44.

-Se repite el proceso, en la nueva matriz residual, de buscar el día para el cual es mayor el número de días correlacionados con un valor de $r(t)=0.7$ o mayor.

En esta muestra es el día número 27 correspondiente al 27 de julio de 1972, el que presenta mayor número de casos correlacionados con él con un valor de $r(t)=0.7$ ó mayor. Siendo esos días los número:

5 27 28 31 39 40 94 95 106 107 171 182.

Un total de 12 días.

-El día 27 de julio de 1972, ó día número 27, se lo denomina Tipo-C y se lo extrae de la matriz de correlación al igual que los del grupo arriba numerados, dando una nueva matriz residual de dimensión 32 por 32.

-Se repite el proceso en la nueva matriz residual. La variable número 47, correspondiente al día 16 de julio de 1973, es la que presenta mayor número de casos correlacionados con ella en un valor de $r(t)=0.7$ ó mayor. Siendo esos casos los días número:

46 47 48 51 52.

Un grupo de un total de 5 casos.

El día 16 de julio de 1973, ó variable número 47, se lo denomina Tipo-D, y se lo extrae de la matriz de correlación al igual que a los otros cuatro del grupo. La nueva matriz de correlación es de dimensión 27 por 27.

-Al repetir el proceso con la nueva matriz residual se encuentra que el Tipo-E es la variable número 117 correspondiente

al día 24 de julio de 1975 y que el grupo de días ó variables que se correlacionan con ella con un valor igual ó superior a $r(t)$ es:

43 82 108 117 170.

Un total de cinco casos ó variables.

-Al extraerlos de la matriz de correlación queda una nueva matriz residual de dimensión 22 por 22.

-Repitiendo el proceso, se encuentra que la variable Tipo-F corresponde el día número 8 que es el 8 de julio de 1972, y el grupo asociado a ella es:

2 7 8 172.

Un total de cuatro casos.

-Se repite el proceso con la nueva matriz residual de dimensión 18 por 18, encontrando que el Tipo-G corresponde a la variable número 176 que es el día 22 de julio de 1977 y que el grupo asociado es:

176 177 180 181.

Un total de cuatro variables.

- Al retirarlas de la matriz de correlación queda una nueva matriz residual de dimensión 14 por 14. Se repite el proceso y no se encuentra ninguna variable correlacionada con otra en un valor igual ó mayor a 0.7 ó sea al $r(t)$ elegido.

-Las 14 variables ó días definidos como no correlacionados son:

45 50 53 165 166 167 168 169 174 175 178 179 183 184.

Estos días se los denomina "no-agrupados".

-Con el fin de generar grupos aún más homogéneos que los obtenidos arriba Lund agrego un segundo paso al proceso. Este

paso consiste en redefinir, a partir de los tipos ya obtenidos, los grupos asociados correlacionando nuevamente los tipos con cada día y asignando a cada uno al grupo del tipo con el cual tenga mayor valor de correlación.

-Los resultados definitivos quedan así de acuerdo a la siguiente tabla:

Tipo-A : variable número 136 correspondiente al día 12 de julio de 1976.

Variables del grupo correspondiente al Tipo-A:

6	9	10	12	13	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
25	29	30	32	33	34	37	42	54	55	56	57	58	59	60	61	62
63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
80	81	87	88	89	90	91	92	99	93	98	99	102	103	104	105	110
111	112	113	114	115	116	119	120	123	124	125	126	127	128	129	130	
134	135	136	137	138	139	140	142	143	144	145	146	147	148	149	150	
151	152	156	157	158	159	160	161	162	163	164	185	186.				

Un total de 110 casos. Igual a un porcentaje de casos de 59.13 % sobre el total.

Tipo-B : variable número 84 correspondiente al día 22 de julio de 1974.

Variables del grupo correspondientes al Tipo-B:

1	35	36	44	49	83	84	85	86	109	118	131	132	133	153
154	155	173.												

Un total de 18 casos, igual al 9.67% de casos.

Tipo-C : variable número 27 correspondiente al día 27 de julio de 1972.

Variables del grupo correspondientes al Tipo-C :

4	5	11	14	26	27	28	31	38	39	40	41	94	95	96
---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

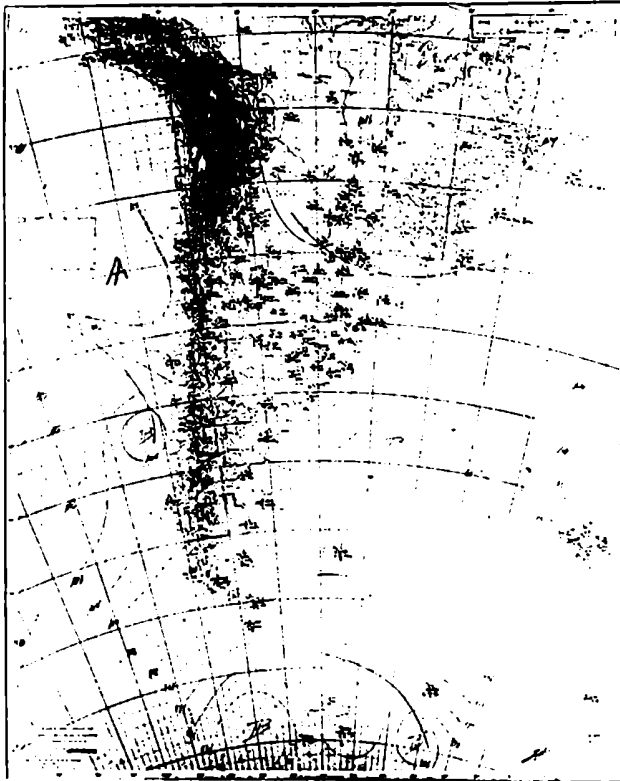


Foto (1): Tipo A (12-7-1976)

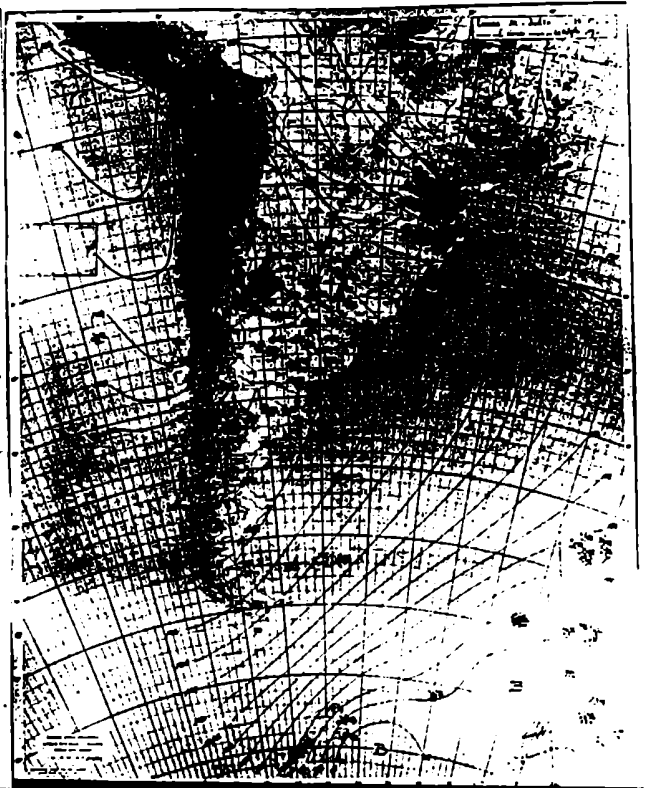


Foto (2): Tipo B (22-7-1974)

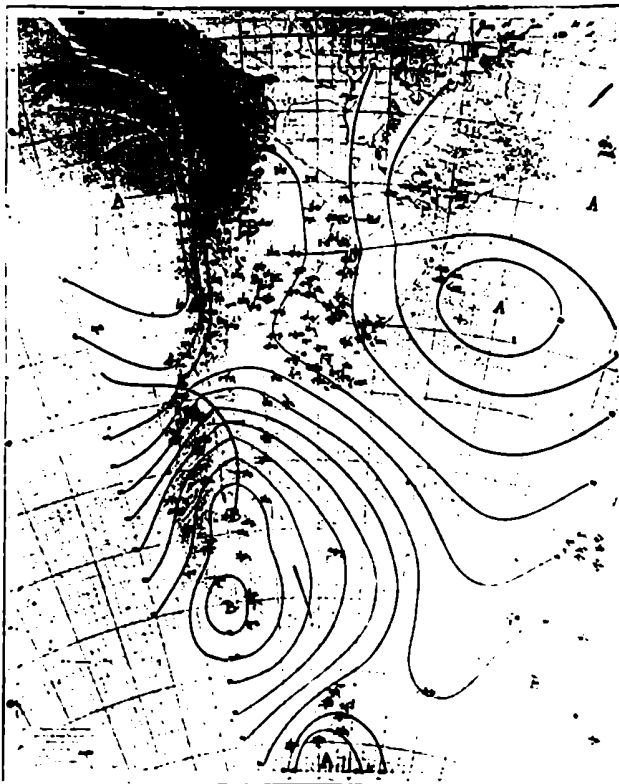


Foto (3): Tipo C (27-7-1972)

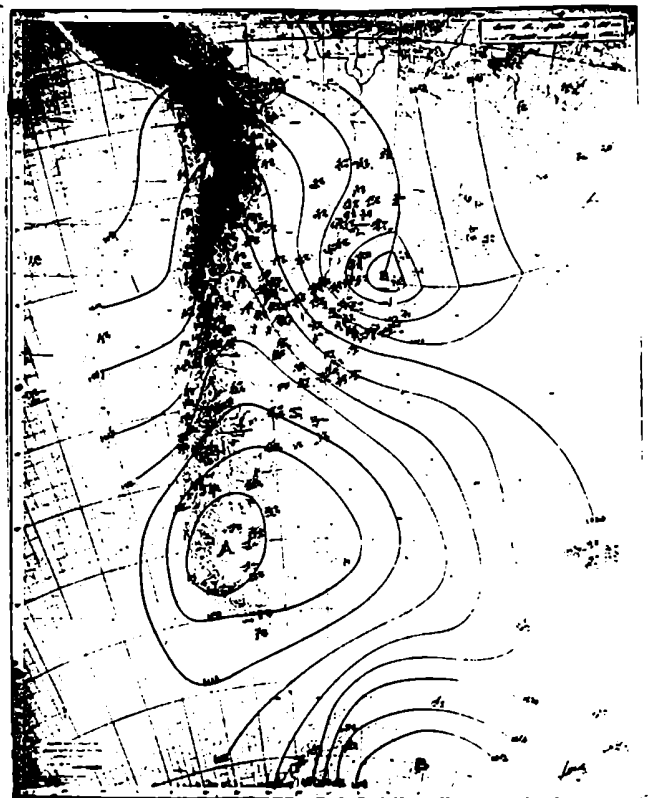


Foto (4): Tipo D (16-7-1973)



Foto (5): Tipo E (24-7-1975)

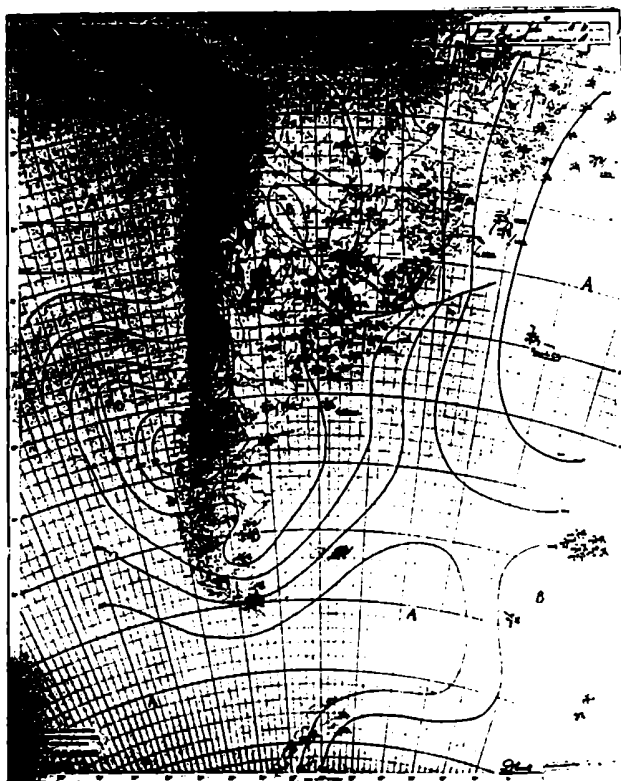


Foto (7): Tipo G (21-7-77)



Foto (6): Tipo F (8-7-1972)

97 100 101 106 107 121 122 141 171 182.

Un total de 25 casos, igual al 13.4% del total de la muestra.

Tipo-D : variable número 47 correspondiente al día 16 de julio de 1973.

Variables del grupo correspondiente al Tipo-D:

46 47 48 51 52.

Un total de 5 casos, igual al 2.68% de la muestra total.

Tipo-E : variable número 117 correspondiente al día 24 de julio de 1975.

Variables del grupo correspondiente al Tipo-E :

43 82 108 117 170.

Un total de 5 casos , igual al 2,68% de la muestra total.

Tipo-F : variable número 8 correspondiente al día 8 de julio de 1972.

Variables del grupo correspondiente al Tipo-F :

2 7 8 15 172.

Un total de 5 casos, igual al 2.68%.

Tipo-G : variable número 176 correspondiente al día 21 de julio de 1977.

Variables del grupo correspondiente al Tipo-G :

176 177 180 181.

Un total de 4 casos, igual al 2.15% de la muestra total.

Los casos no agrupados que previamente fueron definidos, son en total 14 y corresponden al 7.52% de la muestra total.

-Algunas características del método de Lund, inferidas de su

análisis y aplicación:

-Los prototipos, modelos, configuraciones características, ó como los llama Lund, los tipos, son casos reales de la muestra. Dependen del valor asignado al coeficiente límite $r(t)$ elegido, del tamaño muestral, y del período analizado.

-Los resultados varían al cambiar el tamaño de la muestra. O sea, si se agregan o quitan variables, se obtienen distintos tipos y por ende distintas agrupaciones. Para obviar este inconveniente Barry y Perry(1973) sugieren calcular los tipos a partir de una muestra inicial y luego manteniendolos de base, agregar los nuevos casos en los grupos correspondientes de acuerdo al valor mayor que presente el coeficiente de correlación entre las nuevas variables o casos y los tipos previamente obtenidos. Minetti y Sierra(1987) obtuvieron los tipos de la muestra de referencia como los campos medios de cada grupo, de esta manera los resultados resultan más estables a las modificaciones muestrales. Pero en ese caso los tipos resultantes ya no son los campos reales de determinados días, como en el método de Lund.

-Los resultados dependen del coeficiente de correlación límite $r(t)$. En la figura(4), número de grupos en función de $r(t)$, se ve que al variar $r(t)$ de un valor 0.3 a un valor 0.95 varía el número de grupos resultantes, al aplicar el método de Lund a la muestra de 186 días del mes de julio del período 1972 a 1977. El número de grupos aumenta de $r(t)=0.3$ donde resultan tres grupos,

a $r(t)=0.9$ en que se generan quince grupos, y disminuye a trece grupos con $r(t)=0.95$. Hay gran variabilidad en el número de grupos dependiendo del valor de $r(t)$ y del tamaño de la muestra.

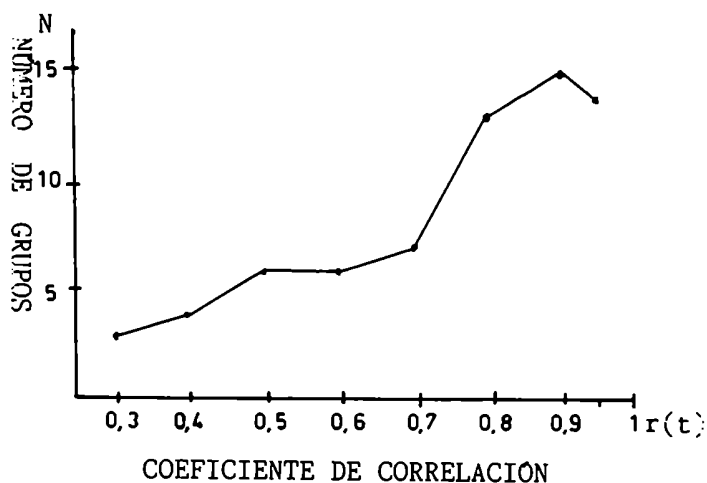


Figura 4: Número de grupos con distintos valores de coeficiente de correlación límite $r(t)$. Método de Lund aplicado a la muestra de datos que corresponde a los 186 días del mes de julio del período 1972 a 1977.

Hartranft y otros(1970) sugieren un valor de $r(t)=0.7$ cuando se desee analizar campos de presión de superficie, y un valor de $r(t)=0.9$ para la clasificación de campos de alturas geopotenciales.

-Los tipos resultantes, no son necesariamente ortogonales o independiente, pues pueden tener entre ellos una correlación no nula.

En los resultados obtenidos para los campos diarios de presión de superficie de los 186 días de julio encontramos:

Tipo-D igual al día de orden 47 ó sea al 16-7-1973

Tipo-E igual al día de orden 117 ó sea al 24-7-1975

Tipo-F igual al día de orden 8 ó sea al 8-7-1972

Tipo-B igual al día de orden 84 ó sea el 22-7-1974

Entre el Tipo-D y el Tipo-E el valor del coeficiente de correlación es $r=0.464$

Entre el Tipo-E y el Tipo-F el valor es $r=0.471$

Entre el Tipo-B y el Tipo-F el valor es de $r=0.426$

Los coeficientes de correlación entre los pares de días, de la matriz de entrada, fueron obtenidos a partir de los valores de 81 puntos de enrejado. Según el test de Student (W.M.O., 1966, NT071) el coeficiente de correlación es significativamente no nulo para valores mayores o iguales que: 0.129 , 0.2172 , 0.2565 , 0.2830 , para niveles de confianza de : 0.1 , 0.05 , 0.001 , y 0.005 respectivamente.

- Los grupos no resultaron totalmente homogéneos , e independientes unos de otros. En otras palabras , variables de algunos grupos no tuvieron su mayor valor de correlación con variables de su propio grupo sino con variables de otro grupo, un ejemplo es el siguiente:

Analizando el grupo de variables, en nuestro caso días, correspondiente al Tipo-B de la muestra estudiada , se encuentra que:

El día 1 tiene su mayor valor de $r=0.87$ con el día 2 del grupo correspondiente al Tipo-F. Mientras que con el día número

84 ó sea el Tipo-B tiene un $r=0.76$.

El día 44 tiene su mayor valor de $r=0.916$ con el día número 91 perteneciente al grupo del Tipo-A. Mientras que con el Tipo-B tiene un $r=0.75$.

El día 131 tiene su mayor valor de $r=0.948$ con el día número 104 correspondiente al grupo del Tipo-A. Mientras que con el Tipo-B tiene un $r=0.750$.

El día 132 tiene su mayor valor de $r=0.862$ con el día número 151 del grupo del Tipo-A. Mientras con el Tipo-B tiene un $r=0.812$.

El día 133 tiene su mayor valor de $r=0.915$ con el día número 113 del grupo del Tipo-A. Mientras con el Tipo-B tiene un $r=0.788$.

El resto de los días del grupo del Tipo-B tienen su mayor correlación con otra variable del mismo grupo.

-Los grupos quedan, con este método, definidos en forma taxativa, ya que no hay posibilidad de ambigüedades pues por definición un día pertenece al grupo definido por el Tipo con el cual tenga mayor coeficiente de correlación.

-Al conocer el número de casos pertenecientes a cada grupo es posible obtener el porcentaje de frecuencia relativa de situaciones similares, que serán las que forman el grupo, pero no es posible determinar la varianza explicada por cada grupo.

-El método es de aplicación simple y no requiere de un ordenador de gran capacidad de cálculo.

3.3.1.2. - Método de Blasing(1975) : utilizó el método de Lund aplicándole modificaciones substanciales. El área de estudio y los datos que empleó son los utilizados por Kutzbach(1970) quién realizó el análisis por componentes principales.

Según Blasing, el método de correlación por él desarrollado, presenta ventajas sobre el análisis por componentes principales cuando los resultados son utilizados con propósitos descriptivos, mientras que en oposición el método por componentes principales sería superior cuando los resultados se utilizan con propósitos predictivos.

Los pasos del método propuesto por Blasing son los siguientes:

1º-Se parte de la matriz de correlación entre las variables o días. Se la llama matriz de entrada

2º-Igual que con el método de Lund, se examina la matriz de entrada con el objeto de determinar los tipos, a partir de los días que tienen valor de correlación mayor o igual a un valor límite $r(c)$.

3º-Si de esta manera se logra clasificar más de cinco tipos cuyos grupos contengan más de cinco días ó casos, ese $r(c)$ es usado como valor límite ó umbral $r(t)$, en el caso contrario, se debe repetir la prueba para otro valor de $r(c)$ hasta obtener un número de tipos y de días en cada grupo que sea aceptable. De esta manera se fija el valor definitivo del coeficiente de correlación tomado como $r(t)$ ó umbral.

4º-La matriz de correlación se analiza por filas para determinar los días con el valor de r mayor ó igual que el $r(t)$

previamente determinado en el 3º paso. Para cada una de las filas se promedian los valores de r así elegidos, obteniendo tantos valores de $r(\text{medio})$ ó $r(m)$ como filas tenga la matriz.

5º-Se identifica la fila que tenga un mayor valor de $r(m)$. El día correspondiente a esa fila se promedia con los cinco días que tengan con él, un mayor valor de r para formar así el campo prototípico o modelo.

6º-Se correlaciona el mapa tipo así obtenido, con todos los casos de la muestra y se incluyen dentro del grupo a todos aquellos casos que tengan un coeficiente r mayor ó igual al $r(t)$ previamente establecido. Luego se extraen todos esos días ó casos de la matriz.

7º-Con la matriz residual se repite el proceso a partir del 3º paso para el mismo valor de $r(c)$. Si no se logra que el número de grupos y de casos en cada uno de ellos sea aceptable se baja el valor de $r(c)$ y se repite la operación hasta poder definir un $r(t)$ nuevo. A continuación se realiza nuevamente el proceso completo hasta obtener todos los modelos tipo y los grupos a ellos asociados.

8º-Se redefinen, a partir de los modelos así obtenidos, los grupos asociados correlacionando nuevamente los modelos con cada uno de los casos y asignando cada día al grupo del modelo con el cual tenga mayor valor de correlación.

_ Algunas características inferidas del método de Blasing:

-Los tipos, o modelos obtenidos mediante esta metodología

no son casos reales de la muestra, sino modelos semi-teóricos formados como promedio de casos reales.

-Es arbitraria la cantidad de días a promediar para formar los tipos y depende del número de casos que se tengan en la muestra y del grado de resolución que se desee en los tipos.

-Los valores de $r(c)$ y los de $r(t)$ son arbitrariamente elegidos. Como en el método de Lund esto afectará los resultados y aumentará ó disminuirá la posibilidad de similitud entre los tipos y grupos resultantes.

-Al aumentar ó disminuir el tamaño de la muestra se altera el modelo teórico resultante en menor medida que al emplear el método de Lund.

-Los casos de la muestra son clasificados dentro del grupo para el cual el día tenga una mayor correlación con el modelo prototípico. No ofrece posibilidad de ambigüedades.

-Los tipos, como en el caso de Lund, no son necesariamente ortogonales ó sea independientes.

-Es posible obtener el porcentaje de casos por grupo, pero no es posible definir la varianza explicada respecto del total.

-Es un método iterativo más complicado que el desarrollado por Lund.

En el presente trabajo no se utilizará esta metodología, por las desventajas que la misma presenta para los objetivos que se pretenden en este trabajo.

3.3.2-Metodo de encadenamiento

Metodo de Mc Quitty (1957) : Es el único metodo de encadenamiento simple que se analizará en este trabajo. Los grupos están formados por racimos de variables encadenadas de acuerdo al valor máximo del coeficiente de correlación de cada una de ellas. Los pasos siguientes a la obtención de la matriz de entrada o matriz de correlación entre los días son:

-Se ubica en la matriz de entrada el coeficiente de correlación máximo absoluto, excluyendo los valores de autocorrelación. Este valor determinará el primer par de variables, en este caso días, que tienen mayor valor de correlación una con la otra y viceversa . O sea el "primer par recíproco".

En la muestra - 186 días del mes de julio del período 1972 a 1977, de los campos de presión de superficie a partir de los valores obtenidos en 81 puntos de enrejado - el primer par recíproco resulta ser:

Día 3 de julio de 1974 correspondiente al número de orden 65 con el día 4 de julio de 1974 correspondiente al 66 con un valor $r(\text{máx.})=0.984$

-A partir del primer par recíproco se genera el primer grupo, buscando por filas las variables o días que tengan su mayor valor de correlación con alguna de las dos variables del par. Estas forman el primer "nivel de encadenamiento" del primer grupo.

En la muestra no se encuentra ningún día que tenga valor máximo de correlación con el día número 66 o sea el 4 de julio de 1974, y los días que tienen su máximo valor de correlación con el día número 65 correspondiente al 3 de julio de 1974 son:

El día 112 (19-7-1975) con $r(\text{máx.}) = 0.937$

el día 160 (5-7-1977) con $r(\text{máx.}) = 0.968$

el día 152 (28-7-1976) con $r(\text{máx.}) = 0.945$

el día 151 (27-7-1976) con $r(\text{máx.}) = 0.967$

el día 64 (2-7-1974) con $r(\text{máx.}) = 0.959$.

-El segundo nivel de encadenamiento del primer grupo, está formado por las variables, ó días que tienen un valor máximo de correlación con alguno de los días pertenecientes al primer nivel de encadenamiento.

En la muestra el segundo nivel de encadenamiento está formado por:

El día 63 (1-7-1974), $r(\text{máx.}) = 0.88$ con el día 112 (19-7-1975)

El día 140 (16-7-1976), $r(\text{máx.}) = 0.93$ con el día 112

El día 113(20-7-1975), $r(\text{máx.}) = 0.94$ con el día 152(28-7-1976)

El día 132 (8-7-1976), $r(\text{máx.}) = 0.86$ con el día 152

-El tercer nivel de encadenamiento del primer grupo está

formado por los días que tengan su $r(\text{máx.})$ con alguno de los días del segundo nivel de encadenamiento.

En la muestra estos días son:

El día 34 (3-7-1973), $r(\text{máx.})=0.92$ con el día 140 (16-7-1976)

El día 16 (16-7-1972), $r(\text{máx.})=0.88$ con el día 113 (20-7-1975)

El día 133 (9-7-1976), $r(\text{máx.})=0.91$ con el día 113

-El cuarto nivel de encadenamiento del primer grupo, estaría formado por los días para los cuales r es máximo con alguno de los días del tercer nivel de encadenamiento de este grupo.

En la muestra no existe ningún día que cumpla con este requisito, con lo cual entonces se considera que el primer grupo sólo está formado por el par recíproco y tres niveles de encadenamientos, con un total de 14 días.

-En el paso siguiente, se eliminan de la matriz de correlación las filas y columnas correspondientes a los días del primer grupo. En la muestra queda una matriz residual de 172 filas por 172 columnas.

-Se repite el proceso, ubicando el valor de correlación máximo absoluto de la matriz residual.

En la muestra corresponde al par recíproco formado por:

El día 69 (7-7-1974) y el día 142 (18-7-1976) que tienen un $r(\text{máx.})=0.976$

-A partir del segundo par recíproco se procede como en el caso anterior para generar el segundo grupo con todos sus niveles

de encadenamientos posibles. Así sucesivamente hasta encontrar todos los pares recíprocos y grupos asociados a ellos.

Dado que los valores de correlaciones pequeñas pueden no tener significado, y como se desea comparar los resultados con los previamente obtenidos por el método de Lund, se agregó el requisito adicional, no contemplado por Mc Quitty, que exige a los valores de correlación ser superiores ó iguales a un límite de $r(t)=0.7$

Los resultados siguientes corresponden a los pares recíprocos y grupos obtenidos mediante esta metodología para la muestra de los 186 días de julio del período 1972 a 1977.

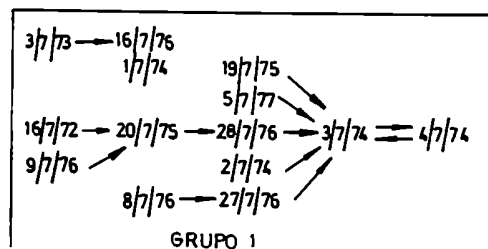
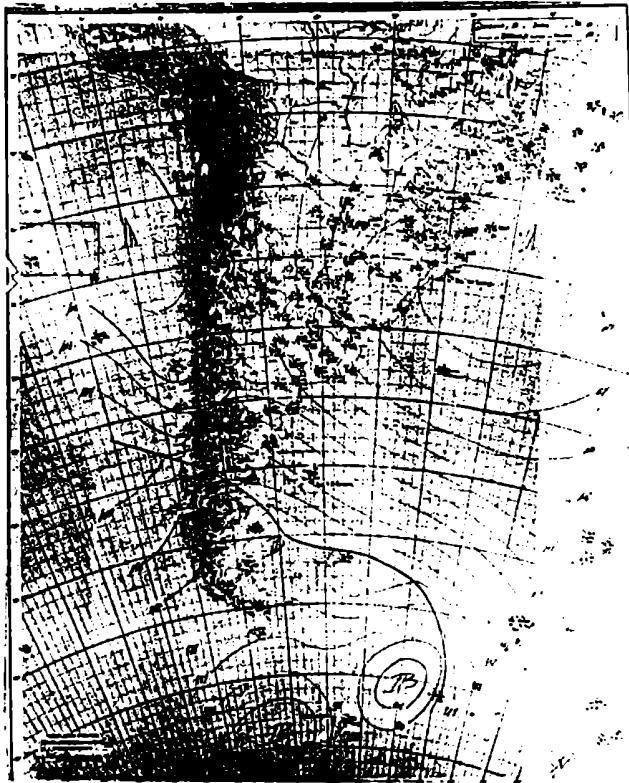


Foto (8) 3-7-74 (S.M.N)



FOTO(9) 18-7-76 (4.M.N.)

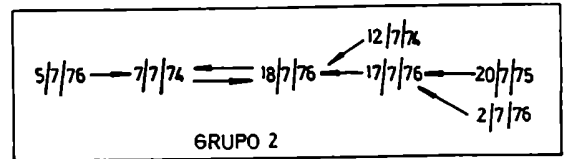


FOTO (10) : 24-7-72 (4.M.N.)

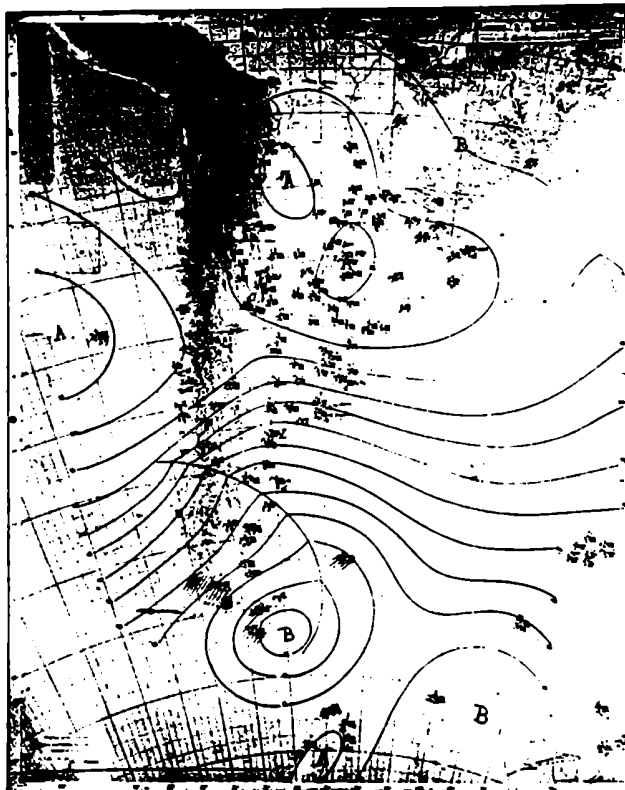
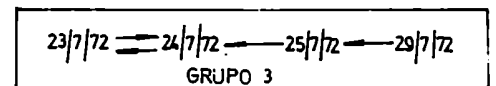
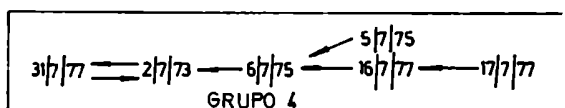
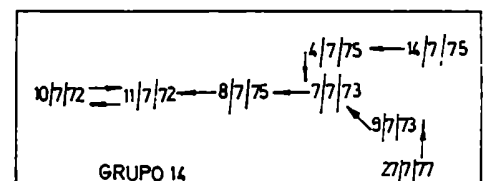
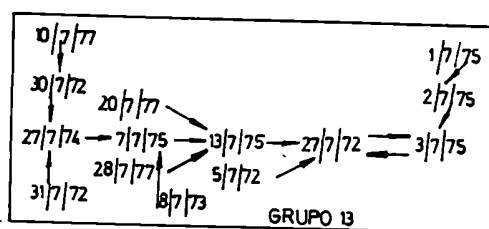
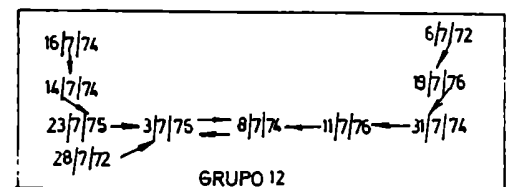
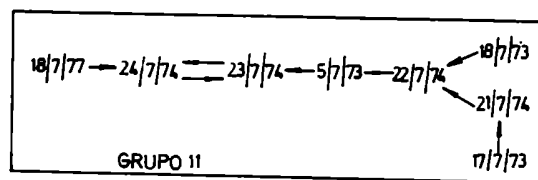
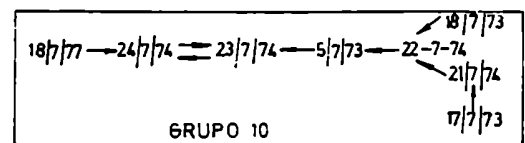
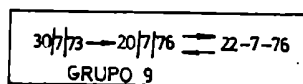
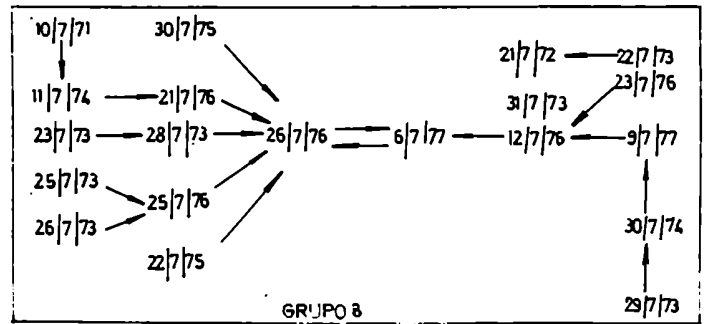
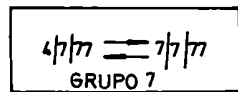
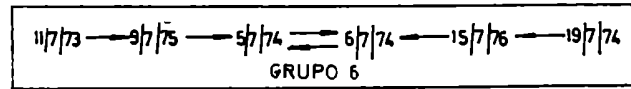
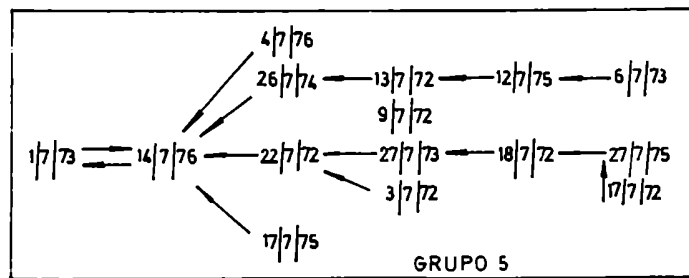
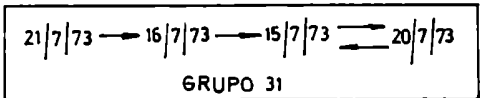
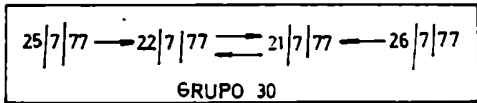
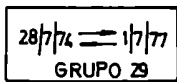
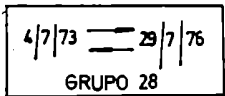
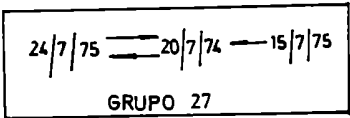
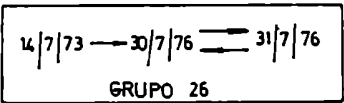
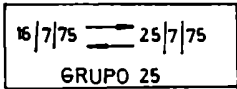
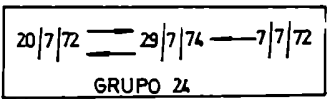
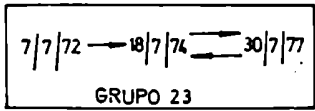
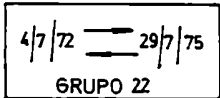
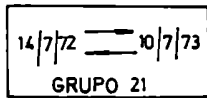
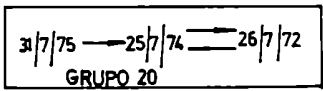
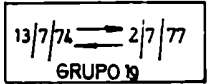
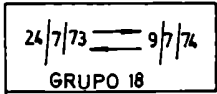
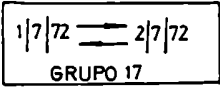
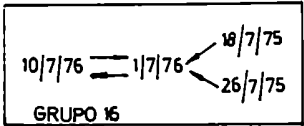
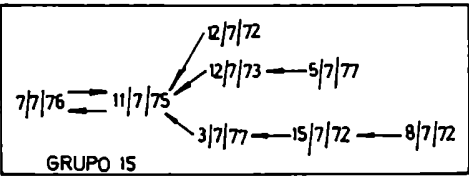


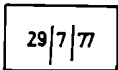
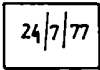
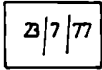
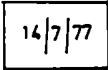
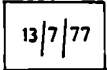
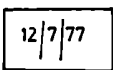
FOTO (11) 2-7-73 (4.M.N.)







NO AGRUPADOS



aplicar el método a campos de presión de superficie no apoyan esta inferencia, ya que la relación entre los elementos de un grupo con los elementos de otro grupo aunque es inferior a la relación intergrupala no es necesariamente nula.

Caso que ocurre por ejemplo con el grupo 3 y el grupo 2 de los resultados de la muestra:

Grupo 2 formado por los días: 69 (7-7-1974), 74 (12-7-1974), 121 (28-7-1975), 126(2-7-1976), 129(5-7-1976), 141(17-7-1976), 142 (18-7-1976).

Grupo 3 formado por los días: 23 (23-7-1972), 24 (24-7-1972), 25 (25-7-1972), 29 (29-7-1972).

Los valores del coeficiente de correlación r entre los días de ambos grupos son:

Día 23 con 69 $r=0.933$, con 74 $r=0.843$, con 121 $r=0.675$, con 126 $r=0.838$, con 129 $r=0.941$, con 141 $r=0.837$ y con 142 $r=0.895$.

Día 24 con 69 $r=0.902$, con 74 $r=0.807$, con 121 $r=0.663$, con 126 $r=0.824$, con 129 $r=0.908$, con 141 $r=0.800$ y con 142 $r=0.853$.

Día 25 con 69 $r=0.757$, con 74 $r=0.678$, con 121 $r=0.663$, con 126 $r=0.642$, con 129 $r=0.777$, con 141 $r=0.649$ y con 142 $r=0.720$.

Día 29 con 69 $r=0.702$, con 74 $r=0.583$, con 121 $r=0.526$, con 126 $r=0.668$, con 129 $r=0.676$, con 141 $r=0.613$ y con 142 $r=0.660$.

Los valores de correlación significativamente no nulos, para 80 grados de libertad y niveles de significancia de 0.1, 0.05 y 0.005 son según el test de Student (W.M.O., N.T.971, 1966)

de $r(c)=0.1829$, 0.2172 y 0.2830 respectivamente.

Esto indica que todos los días del grupo 3 se correlacionan significativamente con todos los días del grupo 2. Resultado deducible de observar las fotos de los campos sinópticos de los días 142 (18-7-1976) integrante del par recíproco del grupo 2 y del día 24 (24-7-1972) integrante del par recíproco del grupo 3.

-Debido a este factor en la metodología propuesta por McQuitty los resultados contienen mayor cantidad de grupos que con las otras metodologías.

-Es posible obtener el porcentaje de casos en un grupo con respecto a la muestra total, pero no es posible obtener el porcentaje de varianza explicado por el mismo.

-El método es de aplicación simple y rápida, y la aplicación no requiere de calculos complicados.

3.3.3_ Análisis factorial:

La tecnica es conocida como funciones ortogonales empíricas, componentes principales, autovectores y autovalores, ó análisis de los factores. Mientras que en el análisis de autovalores se obtienen autovectores y multiplicadores, en el análisis por componentes principales (CPs) se obtienen " factor loadings " ó factores de carga y " factor scores" ó factores de puntaje respectivamente. La diferencia entre los autovectores y los factores de carga ó entre los multiplicadores ó los factores de puntaje es sólo de escala, pero no existe diferencia esencial de

significado. Los fundamentos, métodos de aplicación y propiedades del análisis están ampliamente desarrollados en Harman (1976), Noble y Daniel (1977), Cuadras (1981), Green (1978) y Gnanadesikan(1977), entre otros. La formulación matemática específica del análisis por componentes principales se desarrolla en un ítem posterior. Sintéticamente, los pasos a seguir y los resultados de la aplicación del análisis de componentes principales a una muestra de 186 campos diarios de presión de superficie del mes de Julio para los años 1972 a 1977 son:

a._ Obtener la matriz de entrada que contiene los coeficientes de asociación entre las variables. En la muestra, como el objetivo es clasificar los campos diarios de presión, la matriz de entrada es del Modo-T, variables los días, y se utiliza como coeficiente de asociación el coeficiente de correlación :

A : Matriz de Datos (Dimensión $m \times n$)

m : Numero de observaciones (81 Estaciones)

n : Numero de Variables (186 Días)

X : Matriz de Asociaciones (Dimensión $n \times n$)

$R = X$: Matriz de Correlacion entre los Días)

b._ Se obtienen los autovalores de la matriz de entrada resolviendo:

(I)

$$\det. | X - \lambda . I | = 0$$

λ ; Matriz de Autovalores

λ_i : Autovalores con

$i = 1, \dots, n$

I : Matriz Identidad

0	AUTOVALOR	VARIANZA%	VAR.ACUM.%
1	110.50	59.40	59.40
2	27.86	14.94	74.93
3	12.64	6.79	81.18
4	8.08	4.34	85.53
5	6.63	3.56	89.10
6	4.30	2.31	91.41
7	3.86	2.07	93.49
8	1.87	1.00	94.49
9	1.68	0.90	95.40
10	1.18	0.63	96.04
11	1.08	0.58	96.62
12	0.87	0.47	97.10
13	0.60	0.32	97.42

Tabla 2: Primeros trece autovalores y porcentaje de varianza explicado por los mismos. Análisis por componentes principales de los campos de presión de superficie del mes de julio para el período 1972 a 1977.

c._ A partir del valor de los autovalores se obtiene la matriz de los autovectores, (ó la de los factores de carga si se estan analizando las componentes principales). Obteniéndose tantos autovectores ó factores como autovalores se tengan.

(II).

$$X(\vec{F}_i) = \lambda_i (\vec{F}_i)$$

$\overline{F_i}$: son los factores o autovectores

En el caso del Modo-T los factores de carga corresponden a una serie de tiempo, en la cual el valor para un día determinado es proporcional al porcentaje en que la estructura o modelo del factor de puntaje correspondiente se encuentra presente en la configuración del campo bórico de ese día. La figura (6) contiene las primeras diez series de tiempo de los factores de carga .

d.-Resolviendo el sistema de ecuaciones (III) se obtienen los multiplicadores quienes son una nueva representación de las variables originales en las nuevas coordenadas dadas por los autovectores.

$$(III) \quad \boxed{X = F \cdot M}$$

M : Matriz de Multiplicadores

F : Matriz de Autovectores

X : Matriz de Asociación

Los multiplicadores ó los factores de puntaje, en el caso del Modo-T, son los modelos ó prototipos. Los factores de puntaje estan estandarizados, por lo tanto su magnitud es independiente del orden del autovalor correspondiente, esto no es valido en el

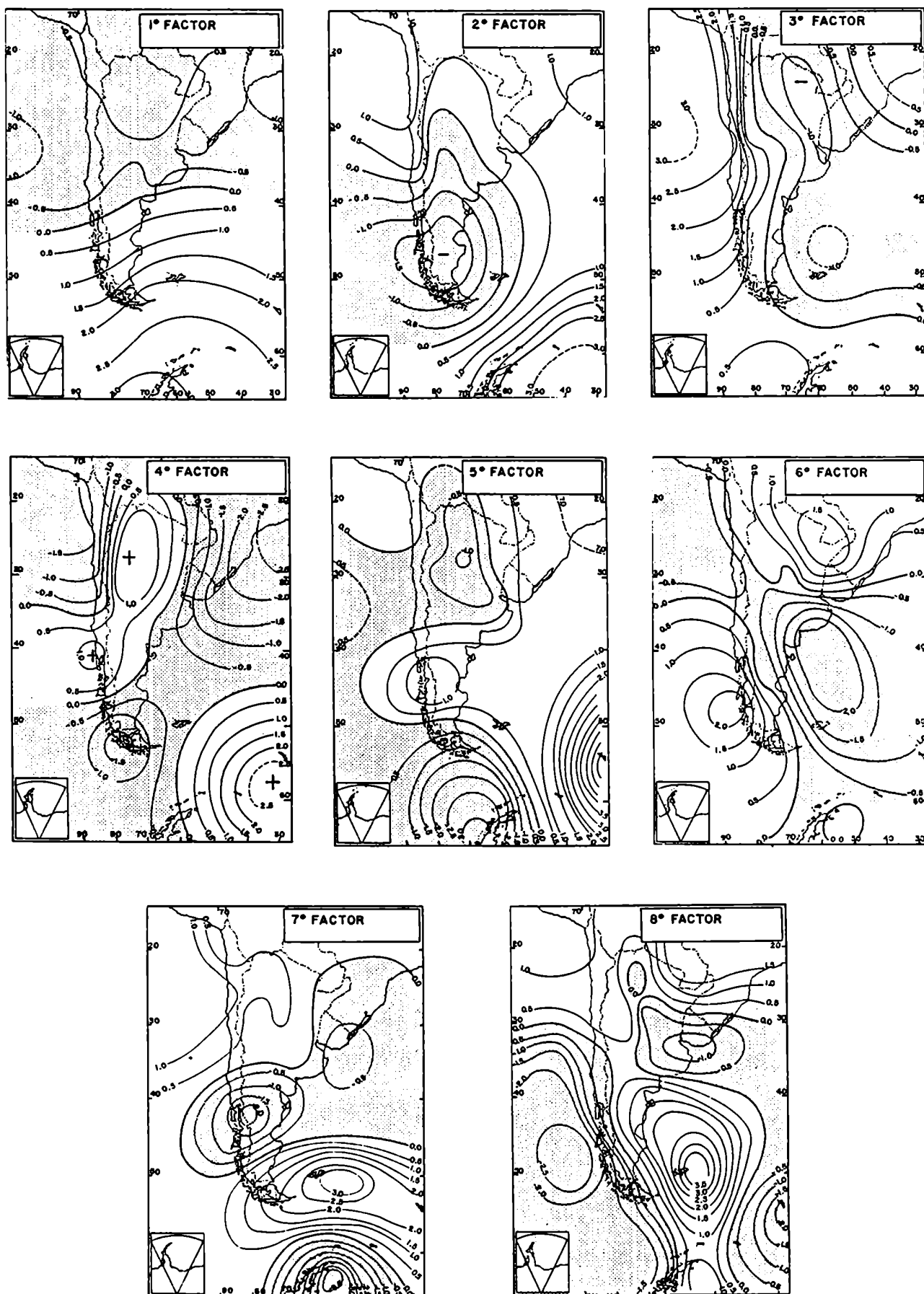


Figura 5: Modelos o configuraciones prototípicas a partir de los primeros ocho factores de puntaje correspondientes al análisis por CPs de la muestra de julio para el período 1972 a 1977 (matriz de entrada Modo-T).

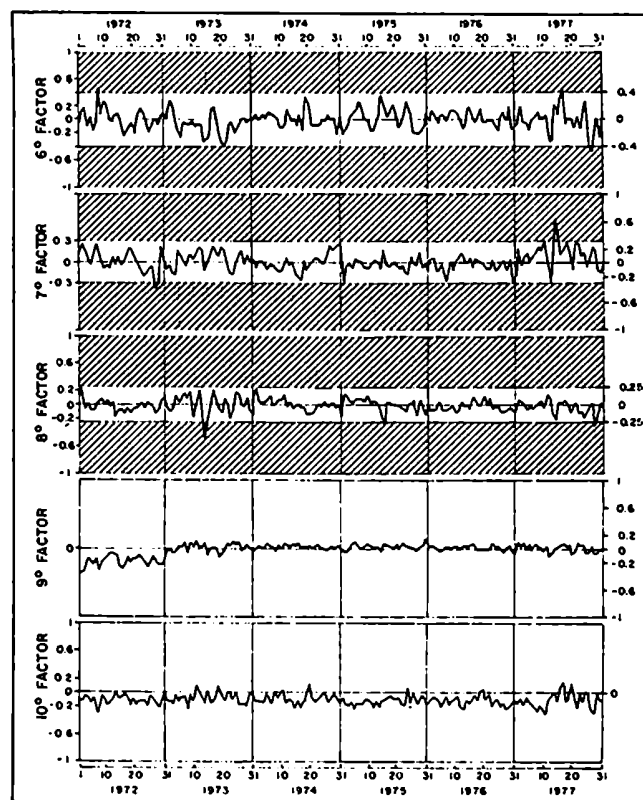
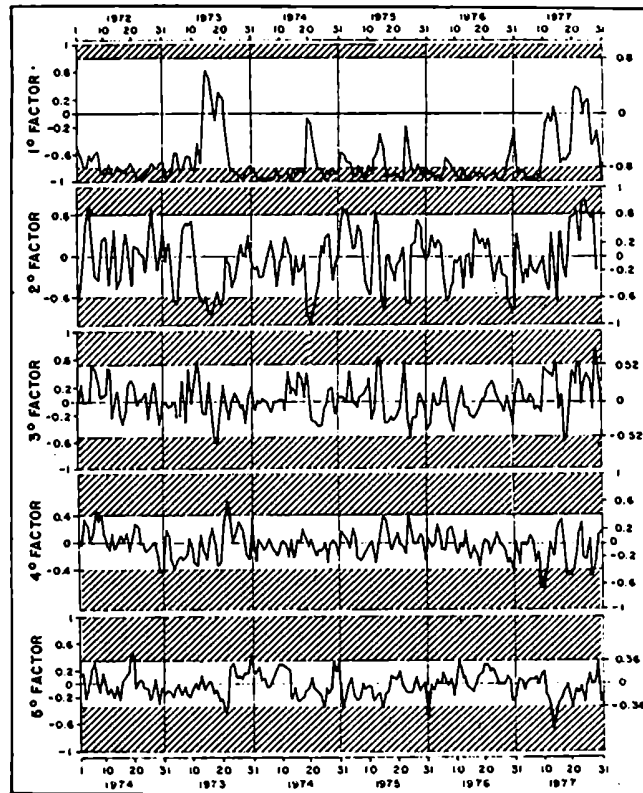


Figura 6: Series de tiempo de los factores de carga correspondientes a los primeros diez autovalores de la muestra de julio para el período 1972 a 1977.

caso de los multiplicadores .

La figura (5) contiene los modelos ó configuracions típicas dados por los factores de puntaje correspondientes a las primeras ocho componentes principales. Según el diagrama de LEV (Craddock, 1965) de la figura (7), sólo los primeros siete factores contendrían información no-azarosa. Estos resultados pertenecen al trabajo de Compagnucci y Vargas (1985a).

e.-A partir del valor de los autovalores, se obtiene el valor de la varianza explicada por cada modelo ó configuración prototípica.

La suma de los autovalores es igual al número de variables, 186 en el caso de la muestra, y el valor del autovalor correspondiente, dividido por la suma de los autovalores, y multiplicado por cien dá el porcentaje de varianza explicado.

La Tabla (2) muestra los primeros autovalores, la varianza explicada por los autovectores correspondientes y el porcentaje de varianza acumulado.

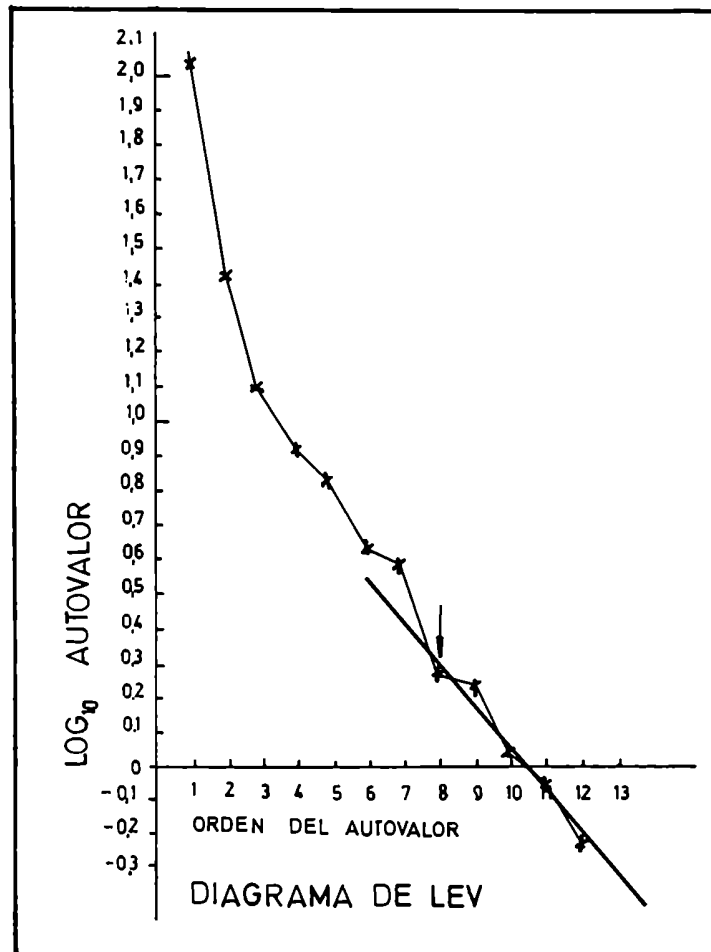


Figura 7: Diagrama de Lev para el resultado del análisis por componentes principales de la muestra de 186 campos diarios de presión de superficie del mes de julio para el período 1972-1977. Matriz de entrada del Modo-T con variables los días.

Características del análisis factorial:

- Los tipos que se obtienen mediante el análisis factorial son modelos ó configuraciones teóricas no necesariamente presentes en la muestra inicial . La figura (8) corresponde a una explicación gráfica del análisis factorial, extraída de Kleinbaun y Kupper (1978).

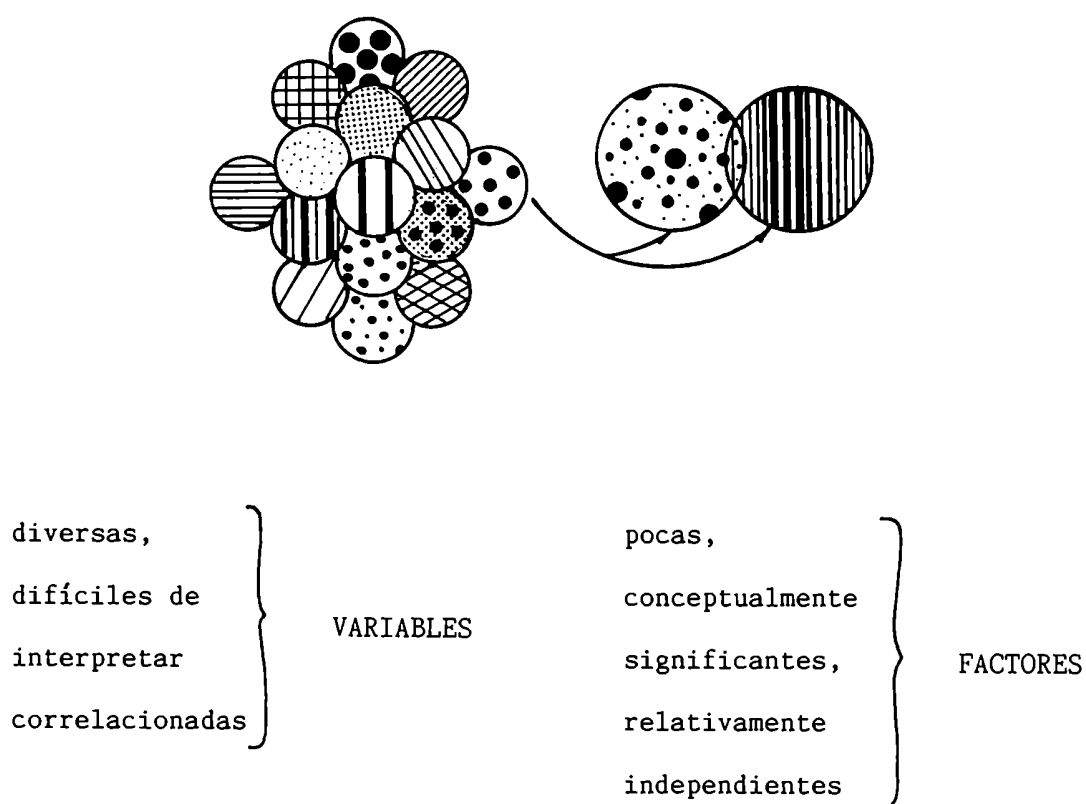


Figura 8: Propósito general del análisis factorial.

-Los casos o las variables reales $z(i)$ con $i=1,2,\dots,N$,

de la matriz de datos, pueden representarse como combinación lineal de los factores:

$$(IV) \quad Z(i) : n_{1i} F_1 + \dots + n_{ji} F_j + \dots + n_{Ni} F_N$$

$$F_j : \text{factores con } j = 1, \dots, N$$

-Los factores son ortogonales y pueden normalizarse convirtiéndose en ortonormales.

-El primer modelo teórico, configuración, ó prototipo, resume la estructura común presente en la mayor cantidad de situaciones, casos ó variables de la muestra. El segundo lo hace con la estructura común que residualmente queda presente y así sucesivamente en orden decreciente de varianza explicada.

-Se desarrollaron diversos métodos con el fin de determinar el número de factores de bajo orden que resultan significativos, y los siguientes de mayor orden que sólo representan "ruido". Entre estos métodos se cuenta con el diagrama de LEV propuesto por Craddock(1965),descripto y analizado por Cattell(1966) y Farmer(1971), el método de Kaiser(1959), la técnica de North(1982) y el criterio propuesto por Compagnucci y Vargas(1986) que consiste en descartar los factores cuyos modelos no tienen "peso" o están incluidos en la estructura de algún día en un porcentaje inferior ó igual al 30%.

-Una matriz de estructura simple es aquella en la cual cada una de las variables, casos ó situaciones de la matriz de datos iniciales, se encuentran representadas por uno y sólo un modelo teórico ó configuración prototípica, siendo despreciable el porcentaje ó peso de los otros modelos o sea que la ecuación IV sería un monomio con sólo un $n(j_i)$ significativamente distinto de cero. Cuando el resultado del análisis factorial es una matriz de estructura simple, es posible generar grupos ó lo que es lo mismo asignarle una clasificación a cada variable de la muestra inicial haciéndola corresponder a alguna de las configuraciones teóricas dadas por los factores resultantes. Compagnucci y Vargas(1984) realizaron un intento en este sentido al proponer una metodología de clasificación para los resultados del análisis según el Modo-T de situaciones sinópticas del mes de Julio, utilizando la serie de tiempo de los factores de carga. Richman (1986,1983a) propone la rotación ortogonal ú oblicua, por distintos métodos eligiendo el mismo de acuerdo a la naturaleza de los datos, con el fin de lograr factores resultantes que conformen una matriz de estructura simple. Utilizó por una parte una forma gráfica de analizar los factores resultantes, que son los graficos de "pairwise" ó grafico de pares de componentes y por otra parte los coeficientes de congruencia definidos como una función de dichos factores. Algunas pruebas realizadas en este sentido, sobre los datos de la muestra definida por los campos de presión de superficie para el mes de julio del período 1972 a 1977, muestran que una rotación ortogonal de los factores, ya sea Varimax ó Quartimax (Cooley y Lohnes,1971,Harman 1980) no mejoran notablemente los resultados en el sentido de obtener una

estructura más simple que la dada por las componentes no-rotadas. Por otra parte, las rotaciones oblicuas no son de interés en el presente trabajo pues se desea que los modelos resultantes sean ortogonales ó independientes entre sí, con el fin de utilizarlos posteriormente en métodos y modelos estadísticos de pronóstico objetivo que requieren esta cualidad.

-Como sólo resultan significativos los primeros factores de bajo orden (Gnanadesikan, 1977) esta metodología permite analizar las características de una muestra que contenga un gran volumen de información, a partir del estudio de unos pocos factores y de su distribución o representatividad en cada una de las variables. Lorenz (1956) , Craddock (1973) y Wallace (1972) entre otros, describen las ventajas del análisis factorial para los estudios climáticos y meteorológicos en general, precisamente por la propiedad de poder sintetizar y ordenar la información utilizada.

-Vargas y Compagnucci(1983b) probaron que si el tamaño de la muestra es suficientemente grande, dependiendo este de la característica de los datos, los resultados son estables aunque se varíe el tamaño de la muestra agregando o quitando información a la misma. Resultado que fue confirmado con el análisis de otras muestras.

-Este tipo de análisis no es de comprensión directa como los anteriores, ya que requiere de una interpretación matemática y en este caso del conocimiento de meteorología sinóptica para la

interpretación física de los resultados.

-Esta metodología requiere de un considerable tiempo de ejecución en ordenadores de gran capacidad de memoria sobre todo en el caso de matrices de entrada de 150 por 150 ó mayores, que es la situación aquí propuesta. En la actualidad existen disponibles paquetes de subrutinas y publicaciones con la información necesaria para confeccionar el programa de calculo requerido por el ordenador. Es imposible desarrollar el método en forma manual , por lo cual sólo recientemente cobró amplia difusión en forma paralela al avance de los ordenadores.

3.3.4 - Criterios de selección de la metodología a utilizar:

-Las tres metodologías estudiadas, Lund, Mc Quitty y el análisis de componentes principales (CPs) dan distintos resultados.

Vemos por ejemplo en la muestra de los 186 campos de presión de superficie del mes de Julio, analizada previamente, que el Tipo-A obtenido de acuerdo al método de Lund, correspondiente al día 27-7-1972, es similar a la topografía del modelo dado por la primera CPs y a los campos de presión de superficie de los grupos 1,2,4,5,6,7 y 8 generados al aplicar el método de Mc Quitty.

El tipo -C obtenido mediante la técnica de Lund, se parece

a la configuración dada por la segunda CP para el caso con altas presiones en el área sombreada, mientras que los tipos B y D se parecen en alguna medida al campo del modelo ó configuración típica "inversa" de la segunda CP ó sea con bajas presiones en el área sombreada.

El Tipo-E representado por el día 24-7-1975 según la metodología de Lund, corresponde a un campo bórico de configuración similar al modelo de la 39 CP para el caso de bajas en el área sombreada, mientras que el inverso, altas en el área sombreada, no se presenta claramente definido en ninguno de los tipos dados por la metodología de Lund.

El Tipo-F representado según el metodo de Lund, por el día 8-7-1972, tiene una configuración similar a la topografía del modelo dado por la 49 CP para el caso de bajas presiones en el área sombreada, mientras que el caso inverso, altas presiones en el área sombreada, tiene configuración similar al campo de presión del Tipo-G.

-Los resultados de aplicar el método de Lund a la muestra de Julio, con $r(t)=0.7$, determinan siete agrupaciones con sus correspondientes tipos. Los resultados de aplicar la metodología de Mc Quitty dan 31 grupos encadenados si se tienen un cuenta grupos de dos o más variables (ó días) y 24 si se requiere al menos tres variables en cada grupo. No es posible determinar definitivamente cuántas son las CPs significativas y cuales son aquellas que sólo contienen "ruido". El diagrama de Lev (figura 7) indica que sólo las siete primeras CPs contendrían información significativa, por otra parte las series de tiempo de los factores

de carga (figura 6) muestran valores pequeños , que indican poco aporte de los modelos a los campos de presión reales, en CPs de orden igual o superior a ocho. Como teóricamente son validos los modelos y también sus inversos, en la muestra de Julio se podrían considerar 14 grupos, de acuerdo al diagrama de LEV, y 16 grupos de acuerdo a la serie de los factores de carga.

El análisis realizado sobre otras muestras de campos de presión de superficie, dieron resultados de orden similar, o sea que el método de Lund con $r(t)=0.7$ es el que menor número de grupos genera, y los resultados del método de Mc Quitty son los que presentan mayor cantidad de grupos.

-En este trabajo se utiliza el método de análisis por componentes principales no-rotadas , dejando para futuros trabajos dentro del contexto de objetivos diferentes el presentar los resultados según los métodos de Mc Quitty ó de Lund y otras variaciones del análisis de CPs como son las rotaciones ortogonales y oblicuas, que no son aquí incluidos.

-Los motivos de esta elección son:

1º_ Las CPs permiten expresar las propiedades de la muestra en forma tal que es posible reconstruir los campos originales, siendo a la vez una síntesis compacta y ordenada de los mismos.

2º_ Las anomalías ó campos de diferencias respecto a la situación media y las variaciones y fluctuaciones pueden ser cuantificadas mediante el análisis de CPs.

3º_ Los resultados son estables ante variaciones muestrales, con lo cual el análisis y estudio resultante tienen carácter

climático, mientras que los resultados de las otras metodologías pueden depender del tamaño muestral.

40_ Los posibles errores en la muestra, son generalmente acumulados en las CPs de alto orden consideradas no-significativas o con sólo información azarosa.

50_ Los modelos ó prototipos resultantes pueden ser incluidos en forma matemática en una ecuación de diagnóstico ó pronóstico. Esto es más difícil de realizar con los resultados obtenidos mediante las otras metodologías aquí presentadas.

60_ Las CPs forman una base ortonormal, permite expresar a los campos de presión de superficie diarios como una combinación lineal de modelos.

3.3.5._ Formas de la matriz de entrada:

El primer punto que es necesario considerar antes de aplicar cualquier técnica de clasificación, es la matriz de entrada ó matriz de datos originales de la muestra, en la cual se ubican las variables y las observaciones realizadas de las mismas.

El problema, en forma generalizada, se puede representar a través de un cubo como el de la figura(9),extraída de Green(1978); uno de los lados corresponde a los parámetros que se miden, el otro a las ocasiones o tiempos en los que se realizan las mediciones, y el tercero a los lugares, personas ó unidades sobre los que se realizan las mediciones. Un ejemplo meteorológico sería tomar como parámetros la temperatura media; la presión de superficie; la humedad relativa; la temperatura mínima media y la temperatura máxima media; como tiempos u ocasiones los valores medios anuales desde 1930 a 1960, un total de 30 tiempos distintos, y finalmente como lugares ó unidades los valores registrados en 20 estaciones meteorológicas de Argentina.

Es posible determinar, de acuerdo al planteo de distintos tipos de problemas u objetivos, tres pares de formas distintas de la matriz de entrada, matemáticamente se puede expresar como la permutación de tres elementos tomados de a dos :

$$P_{N,k} = \frac{N!}{(N-k)!}$$

$$P_{3,2} = \frac{3!}{(3-2)!} = 6$$

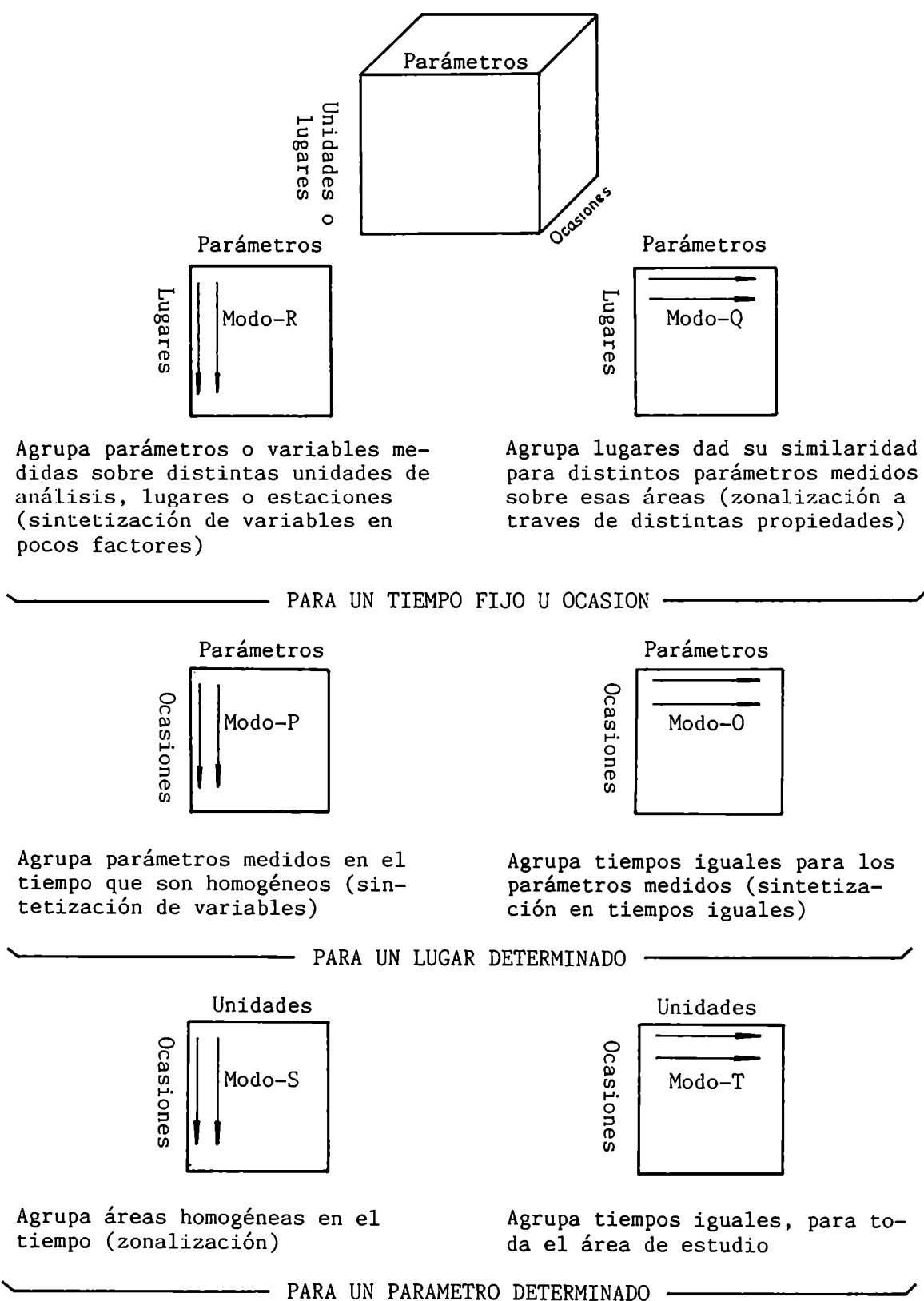


Figura 9 : Se ilustran los seis modos de presentar la matriz de entrada de datos, las flechas indican el sentido en que son tomados los pares para calcular los coeficientes de similitud (Green, 1978).

Dando un total de seis posibilidades.

Como el objetivo de este trabajo es analizar los campos diarios de presión, a partir de los valores medidos en 81 puntos de enrejado, el parámetro está previamente determinado y es la presión de superficie. El problema entonces se ubica en el tercer par de posibilidades, utilizar el Modo-T para el cual se tiene como variable el tiempo ó días y como observaciones los puntos de enrejado, ó el Modo-S en el cual las variables son los puntos de enrejado y las observaciones son los días contenidos en la muestra.

3.3.5.1. _ Modo-T versus Modo-S:

Por considerar que podría no resultar obvia la diferencia entre utilizar el Modo-T ó el Modo-S como matriz de entrada, cuando lo que se desea es encontrar las configuraciones prototípicas de los campos diarios de presión de superficie, se estudian los resultados obtenidos del análisis de componentes principales de la muestra teórica llamada plasmode meteorológico, figura(2) descripto previamente, con ambas posibilidades de matriz de entrada.

B : Matriz de Datos

$$B = \{b_{ij}\} \quad \begin{array}{l} i = 1, \dots, M \\ j = 1, \dots, N \end{array}$$

con $M=36$ y $N=30$

3.3.5.1.1._ Modo-S:

Las variables matemáticas son las estaciones ó puntos de enrejado, en este caso 36 puntos, y como observaciones los días considerados en la muestra, que son 30 casos.

$B_{E.S}$: Matriz De Datos

$$B_{E.S} : \left\{ \frac{b_{ij} - \bar{b}_i}{\sigma_i} \right\}$$

El subíndice E indica que la matriz está estandarizada y el subíndice S que es del Modo-S donde las variables son los puntos de enrejado.

\bar{b}_i : Valores Medios de las filas o Estaciones.

$$\bar{b}_i : \sum_{j=1}^N \frac{b_{ij}}{N}$$

$$\sigma_i : \left[\sum_{j=1}^N \frac{(b_{ij} - \bar{b}_i)^2}{N-1} \right]^{1/2}$$

Dispersión
Estandar

Por definición del plasmode $\bar{b}(i)$ es igual a 1012 mb. para todo valor de i.

La matriz de correlación en el modo-S, (R_S) , es de dimensión MxM de 36x36 y se expresa como:

$$R_S = \frac{1}{M-1} B'_{E.S} B_{E.S}$$

$B'_{E.S}$: Matriz Transpuesta de $B_{E.S}$

En el Modo-S las topografías prototípicas se obtienen graficando los autovectores (ó factores de carga si se analizan componentes principales), mientras que las series de tiempo están dadas por los multiplicadores (ó factores de puntaje en las CPs). En la figura(10) se muestran los resultados del Modo-S .

Las tres primeras CPs explican el 98.77% de la varianza total.

La primera configuración ó modelo es un campo casi homogéneo que no se parece a ninguno de los casos del plasmode. Una explicación posible es que está relacionada al campo medio, que en el plasmode es "chato" y de valor igual a 1012 mb. en todos los puntos de enrejado. La varianza explicada por este primer autovector es de 73.2% del total, valor que no es posible asociar a la frecuencia de alguna de las topografías. La serie de tiempo correspondiente, marca la diferencia entre los campos y sus inversos, valores menores a 5900 corresponden a los campos y valores mayores a los inversos. También se observa que los valores máximos y mínimos de la serie, que señalan la contribución de este modelo a los campos del plasmode, son más marcados para los días 1 a 5 y los inversos correspondientes a los días 6 al 10, también muestra una contribución de este modelo al campo de los días 11 al 15 y sus inversos , días 16 al 20 , mientras que se ve casi nula la contribución a los campos de los días 21 al 30.

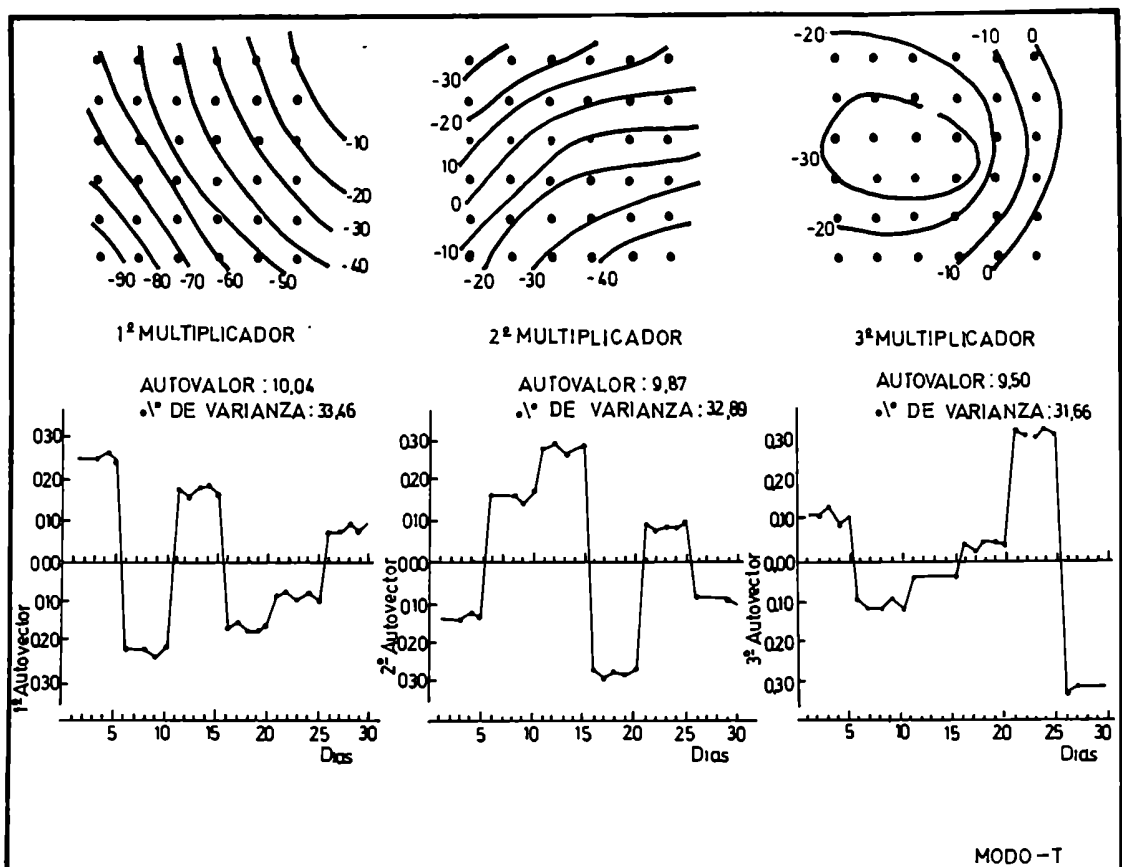
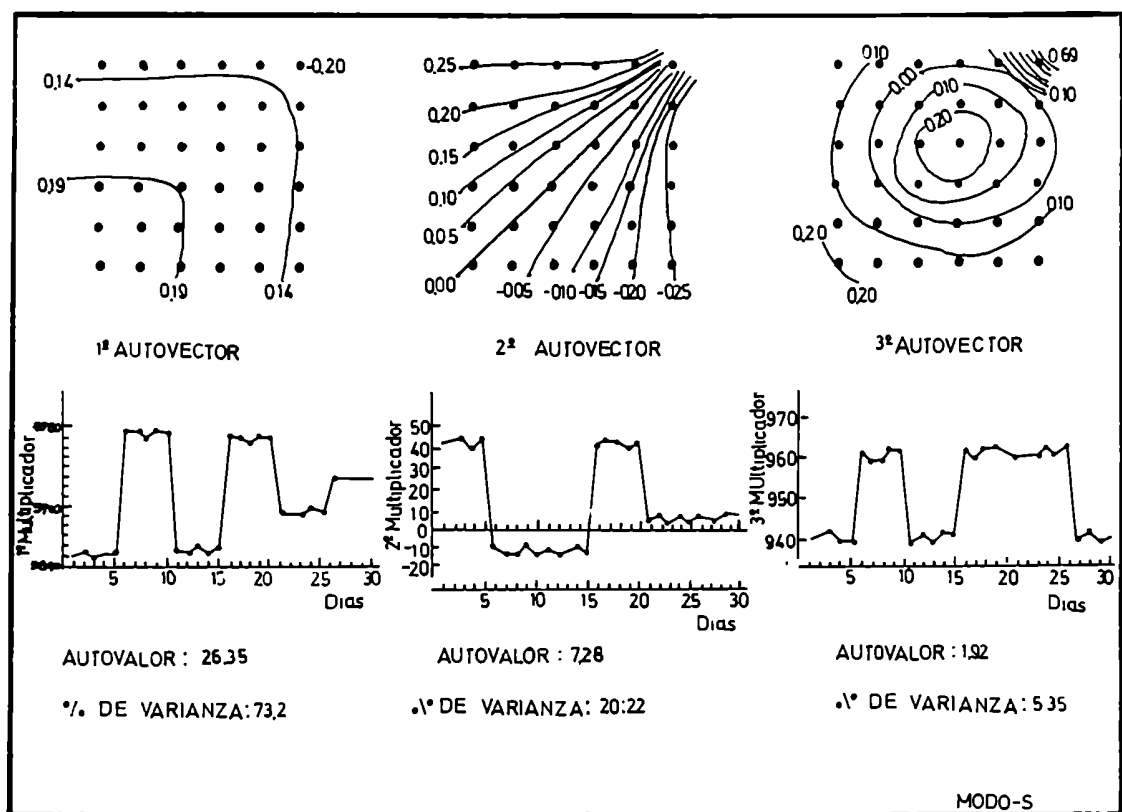


Figura 10: Autovectores y autovalores del plasmode meteorológico (figura superior, matriz de entrada del Modo-S; figura inferior, matriz de entrada del Modo-T).

El segundo modelo ó configuración prototípica muestra un fuerte gradiente en el ángulo superior derecho del campo, señalando una convergencia (ó divergencia) del flujo, según se trate del modelo ó de su "inverso", se observa que la isolínea de valor 0.0 forma un ángulo de 45 ° y divide simétricamente el campo del modelo. Este tampoco se asemeja a ninguno de los campos contenidos en el plasmode. El segundo autovector explica 20.22% de la varianza y es difícil encontrar alguna relación entre este porcentaje y las características de la muestra. La serie de tiempo correspondiente, es más difícil de interpretar que en el caso del primer autovector ya que ni siquiera distingue el aporte a modelos distintos cómo lo es el caso de los días 6 al 10 con flujo meridional y los días 11 al 15 con flujo zonal pero practicamente el mismo valor de los multiplicadores.

El tercer modelo presenta un centro cerrado, con un fuerte gradiente en el extremo noreste del enrejado. Este prototipo es similar a los campos de los días 21 a 25 y a sus inversos, los días 26 a 30, salvo el fuerte gradiente del noreste que no existe en los campos de entrada. La varianza explicada por este tercer autovalor es de 5.35% . La serie de tiempo del multiplicador correspondiente, es también de difícil interpretación ya que en ella tampoco se distinguen los distintos tipos de circulación, vemos que los días 16 al 20 con circulación zonal tienen practicamente los mismos valores del multiplicador que los días 21 a 25 cuyos campos son centros cerrados.

De lo mismo resulta que a través de los resultados del análisis por el Modo-S no es posible reconstruir en manera obvia las características de la muestra inicial ó matriz de entrada, en

este caso el plasmode.

3.3.5.1.2_ Modo-T:

En este modo las variables son los casos ó dias, 30 en el plasmode, y las observaciones son los puntos de enrejado (36).

$B_{E,T}$: Matriz de Datos

$$B_{E,T} = \left\{ \frac{b_{ij} - \bar{b}_j}{\sigma_j} \right\}$$

El subíndice E indica que la matriz está estandarizada y el subíndice T que la matriz es de Modo-T.

\bar{b}_j : Valor Medio de presión para cada día

σ_j : Desvio Estandar

$$\bar{b}_j = \sum_{i=1}^M b_{ij}$$

$$\sigma_j = \left[\sum_{i=1}^M \frac{(b_{ij} - \bar{b}_j)^2}{M-1} \right]^{1/2}$$

La matriz de correlación en el Modo-T, (), es de dimensión N x N de 30 por 30 y se expresa como:

$$R_T = \frac{1}{N-1} B_{E,T}' B_{E,T}$$

donde $B_{E,T}'$ es la transpuesta de $B_{E,T}$

En el Modo-T las topografías ó modelos se obtienen graficando los multiplicadores (ó factores de puntaje), mientras

que las series de tiempo están dadas por los autovectores (factores de carga). En la figura (10) se pueden ver los resultados del Modo-T.

Las tres primeras CPs explican un total de 98.01% de la varianza. Las varianzas explicadas por el primer, segundo y tercer autovector son respectivamente iguales a 33.46%, 32.89% y 31.66%

Cada una de las topografías ó campos básicos del plasmode más sus respectivos inversos representan el 33.33% de los casos de la muestra. Es posible inferir, que en el caso del Modo-T, los porcentajes de varianza explicados por cada autovector están directamente relacionados con el porcentaje de casos, que en la muestra inicial de datos, se tiene de configuraciones similares al modelo teórico del correspondiente autovector.

El modelo teórico del primer autovector es una topografía con un gradiente bastante homogéneo y con una mayor componente meridional que zonal. A su vez la serie de tiempo asociada a esta estructura, muestra pesos ó valores del autovalor mayores en módulo para los días 1 a 10 que para los restantes, siendo mínimo el valor para los días 21 a 30 que son los correspondientes al centro cerrado. A su vez la diferencia de signo para los días 1 a 5 de los días 6 a 10 coincide con la diferencia en el sentido del flujo para esos días.

El segundo modelo teórico, correspondiente al segundo autovector, muestra un gradiente homogéneo y casi zonal, en este caso la serie de tiempo tiene valores máximos en módulo para los días 11 al 20 y nuevamente la diferencia de signos entre los días 11 al 15 y 16 al 20 corresponden a diferencias en el sentido del flujo de los campos iniciales.

El tercer modelo teórico muestra un centro cerrado y es similar a los campos de los días 21 a 30. La serie de tiempo dada por el tercer autovector muestra para esos días valores extremos coincidiendo la diferencia de signo con el cambio en el sentido del flujo.

A través de los resultados obtenidos mediante el Modo-T es posible reconstruir nuevamente las características generales de la muestra inicial ó plasmode, ó sea los modelos contenidos en la muestra, los casos que se tienen de cada uno de ellos y la distribución en el tiempo de los mismos.

Como el objetivo de este estudio es la clasificación de los campos de presión de superficie, se utilizará el Modo-T de matriz de entrada, por considerarlo el más apto, dado los resultados y conclusiones arriba enunciados. El mismo permite obtener una base ortonormal de modelos y a su vez sintetizar ordenadamente las características de la muestra inicial.

3.3.6._ Formalización matemática del análisis por componentes principales:

El desarrollo matemático del análisis por componentes principales (CPs) ó del análisis factorial en general, se halla en Green(1978) en los capítulos 8 y 9 y el apéndice B.5. Aquí se presenta brevemente la formulación matemática del programa de computación confeccionado a partir de subrutinas del paquete IMSL(1980) fue realizado por Luis Fornero y Rosa Compagnucci.

La matriz de datos \mathbf{A} de dimensión ($m \times n$), con m observaciones y n variables, contiene los datos originales para

los cuales m es el número de estaciones y n es el de días.

La matriz de correlación entre variables es R de dimensión $(n \times n)$ y se puede expresar como:

$$R = \frac{1}{m-1} A_s' A_s$$

donde A_s es la matriz estandarizada (por variables) de los datos originales y A_s' es la matriz transpuesta de A .

La ecuación característica de la matriz R se expresa como:

$$(1) \quad |R - \lambda_j I| = 0$$

donde I es la matriz identidad y λ_j con $j=1, \dots, n$ son los autovalores.

En caso de encontrar soluciones ó raíces de la ecuación (1) no nulas es posible encontrar X_j vectores distintos de cero, tal que:

$$(2) \quad R X_j = \lambda_j X_j$$

los vectores X_j asociados a las raíces λ_j se llaman autovectores.

Ellos conforman las columnas de la matriz U de autovectores, de dimensión $(n \times n)$ que cumple con:

$$(3) \quad U.U^{-1} = U.U' = I$$

ó sea que la matriz inversa de la matriz de autovectores es igual a la transpuesta, pues R es una matriz cuadrada y simétrica.

Es posible expresar a la matriz de correlación R como:

$$(4) \quad R = U.D.U'$$

donde D es la matriz de $(n \times n)$ que contiene en la diagonal los valores λ_j de los autovalores y el resto de sus elementos son ceros.

Comunmente la ecuación (4) se llama descomposición en valores singulares de R (Singular Value Descomposition, SVD, de R) y la resolución de la ecuación (1) es equivalente a la obtención de la SVD de R .

La matriz de los "factor -scores" ó factores de puntaje se obtiene a partir de :

$$(5) \quad Z = A_s U$$

En busca de una escala más apropiada para el análisis se calcula la matriz de los factores de puntaje estandarizados tal que las varianzas de las componentes principales sea unitaria, de acuerdo a :

$$(6) \quad Z_s = A_s U D^{-1/2}$$

matriz Z de $(m \times n)$.

Los factores de carga, que determinan la relación entre las variables originales estandarizadas con las componentes principales, se expresan como:

$$(7) \quad F = U \cdot D^{1/2}$$

matriz F de $(n \times n)$ donde cada columna corresponde a un factor.

A partir de (6) y (7) se puede escribir la matriz de datos originales, estandarizada por variables, como función de los factores de puntaje y de los factores de carga, de acuerdo a :

$$(8) \quad A_s = Z_s F'$$

Una propiedad de la solución de componentes principales es que : la suma de los cuadrados de las "cargas" de cada factor ó componente es igual a su respectivo autovalor, ó sea que:

$$\lambda_j = \sum_{i=1}^n f_{ji}^2$$

Suma de los cuadrados de los elementos de la columna j .

Siendo f_{ji} con $i=1, \dots, n$ las "cargas" de orden- i del "factor de carga"- j y λ_j su respectivo autovalor.

De esta forma es posible visualizar la contribución de cada variable a la varianza de cada componente.

El porcentaje, sobre el total, de la varianza de explicada por cada componente es igual al cociente entre el autovalor de dicha componente y la suma de los autovalores:

$$\% \text{ Var. } CP(j) \equiv \frac{\lambda_j}{\sum_{j=1}^n \lambda_j} \times 100$$

Otra propiedad, es que la suma de los cuadrados de cualquier fila de la matriz F es igual a la unidad

3.4._ Resultados del análisis de los campos de presión a nivel del mar:

3.4.1._ Climatología sinoptica de los campos de presión de superficie:

Se analizan los campos diarios de presión de superficie de la hora 12 Z para los meses de Mayo, Junio, Julio y Agosto , para el período 1972 a 1983 ,un total de cuatro muestras de 372 y 360 casos de acuerdo al mes considerado, las cuales son procesadas independientemente.

El objetivo es obtener las condiciones medias y analizar la variabilidad intermensual del período determinado para este estudio, como invierno.

3.4.1.1._ Campos Medios:

Los campos medios de presión al nivel del mar para los meses de Mayo a Agosto del período de 1972 a 1983 se observan en la figura (11). Tomando como índice de la circulación zonal la diferencia de presión entre Bahía Blanca y Usuahia se ve que Mayo es el mes de menor índice con un valor de 13.0 mb. y para este mes los valores de presión de los anticiclones semipermanente del Atlántico y Pacífico Sur sobre las costas este y oeste respectivamente, son los menores. Por otra parte el mes de Agosto es el que presenta el mayor índice con un valor de 16.3 mb. y

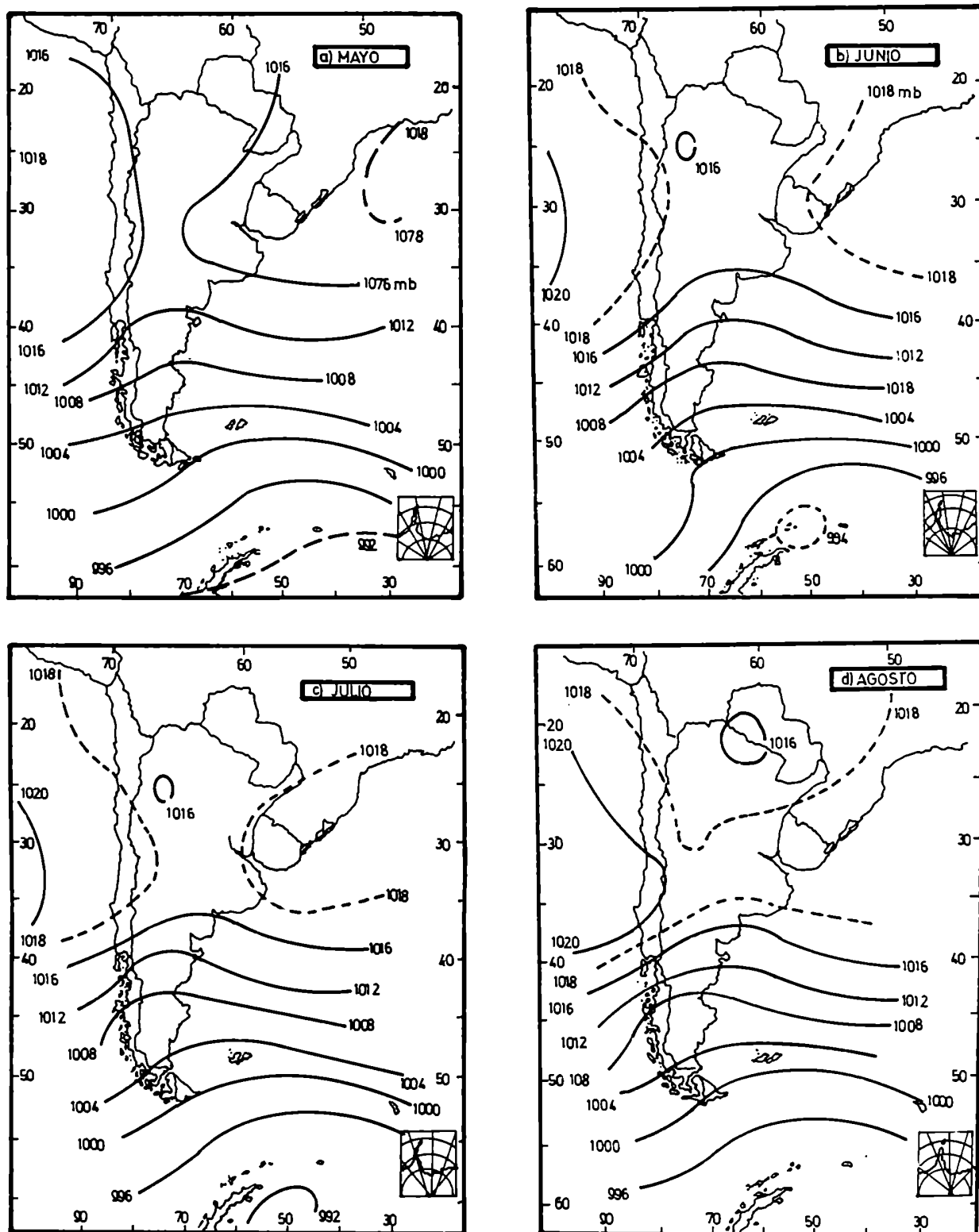


Figura 11: Campos medios de la presión de superficie para el período 1972-1983.

mayores valores de presión de los anticiclones semipermanentes.

Los meses de Junio y Julio son casos intermedios dando un valor del índice de circulación igual a 14.7 mb. y 14.9 mb. respectivamente.

3.4.1.2._ Campos de Desvio Estándar:

Los campos de desvio estándar permiten tener una idea primaria de la variabilidad .

En la figura (12) se observa que la mayor variabilidad se produce al sur de 50° S , con el máximo entre 55°S y 60° S , latitudes que coinciden con el centro del flujo de los vientos. Los resultados son coincidentes con los obtenidos por Lichtenstein (1980) al analizar la presión de superficie del año 1963 .

La menor variabilidad se encuentra sobre Chile al norte de 35°S área que siempre se halla bajo la influencia del anticiclón semipermanente del Pacífico Sur. En el sector central y norte de Argentina existe un máximo residual de variabilidad que aparece más marcadamente en el mes de Julio , mes que muestra la máxima variabilidad del período analizado. Si se sigue la marcha , a través de los meses de Mayo a Agosto de la isolínea correspondiente a 8.0 mb. se observa que la variabilidad aumenta y se desplaza hacia el norte de Mayo a julio disminuyendo nuevamente en Agosto, marcha que coincide con el corrimiento hacia menores latitudes e intensificación de los sistemas en invierno.

3.4.1.3._ Analisis por Componentes Principales:

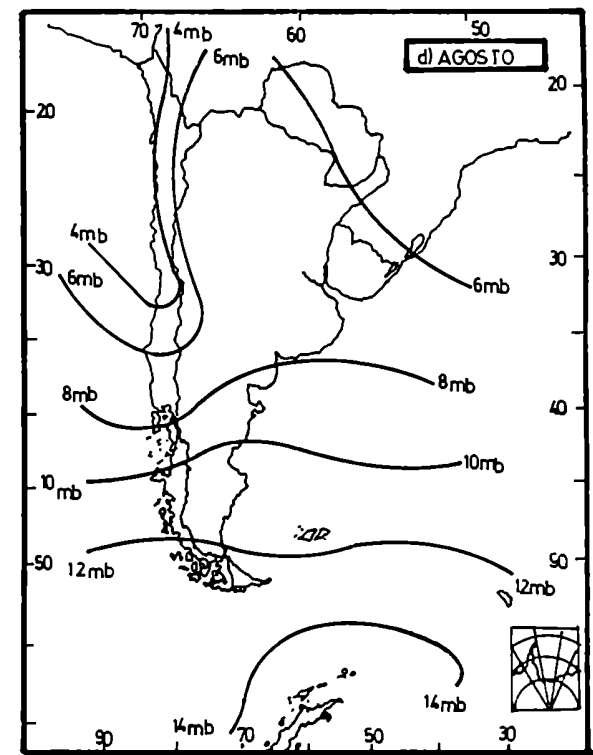
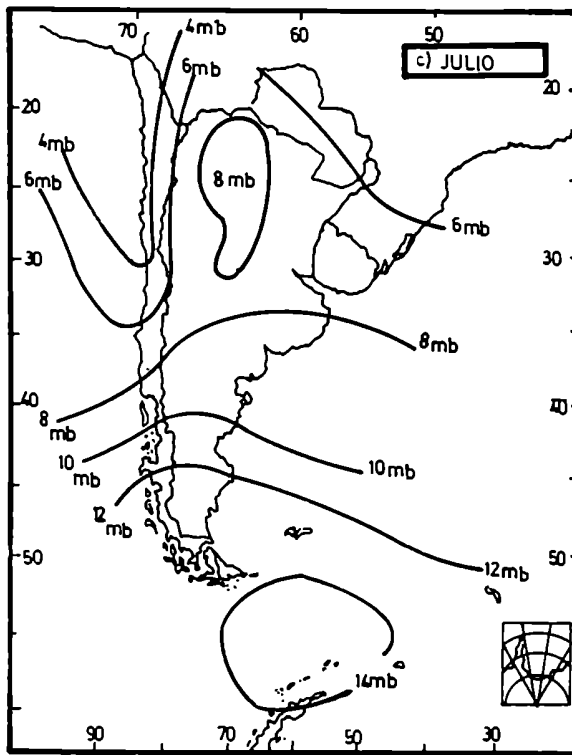
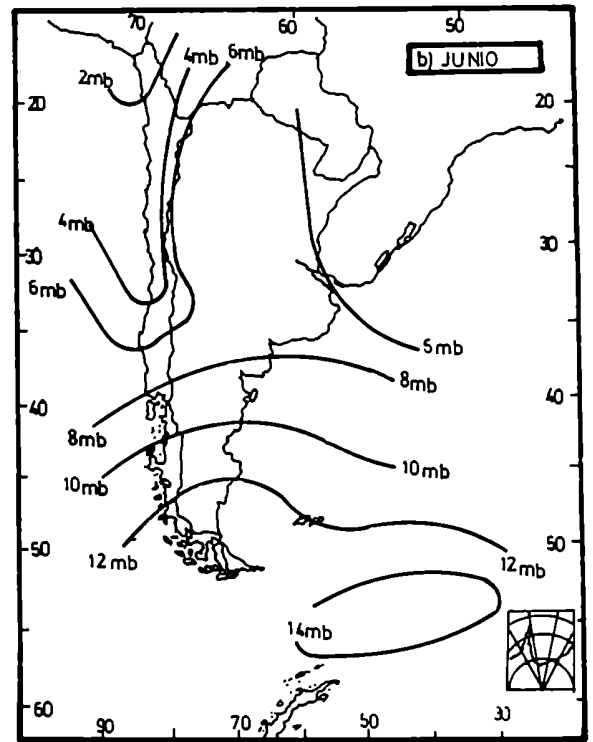
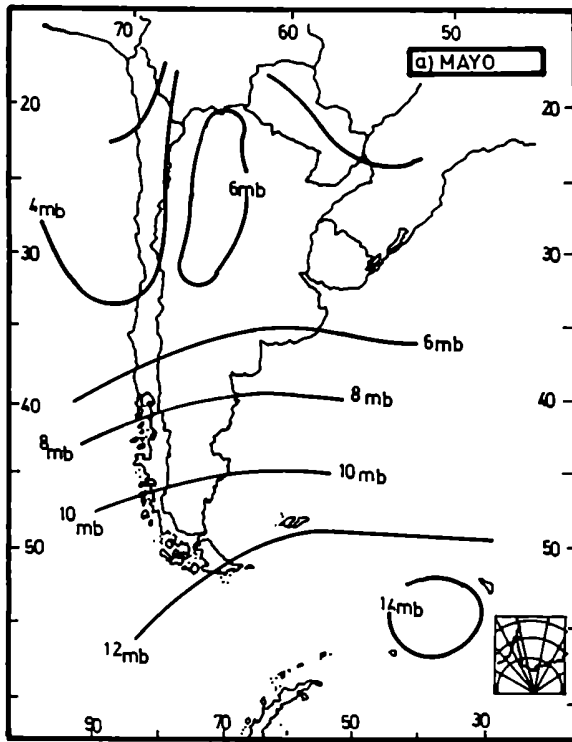


Figura 12: Campos de desvío estandar de la presión de superficie del período 1972-1983.

El análisis por componentes principales es utilizado como referencia climática a partir de la cual se definen posteriormente las anomalías. Los resultados comprenden los valores de los autovalores a partir de los cuales se construyen los diagramas de LEV y se determinan los factores que no representan el "ruido" o sea la componente aleatoria de la información, los factores de puntaje que forman la base ortonormal de los modelos prototípicos y las series de tiempo de los factores de carga a partir de los cuales se obtienen los porcentajes de varianzas explicados por cada factor o componente y que permiten conocer la distribución de los elementos de la base en cada una de las muestras.

3.4.1.3.1._ Diagramas de LEV:

Los diagramas de LEV descritos y estudiados por Farmer (1971) se definen como el logaritmo decimal de los autovalores versus el número de orden de dichos autovalores. Permiten determinar el número de factores o componentes que contienen información significativamente distinta del azar o "ruido". Los factores que contienen información aleatoria se alinean sobre una recta y a los factores de menor orden con información significativa les corresponden autovalores mayores que permiten que el valor del logaritmo los ubique en forma notoriamente diferenciada fuera de la recta.

De los diagramas de LEV para las muestras de los meses de Mayo a Agosto, figuras (13), se infiere que sólo las siete primeras componentes contendrían información significativa ,

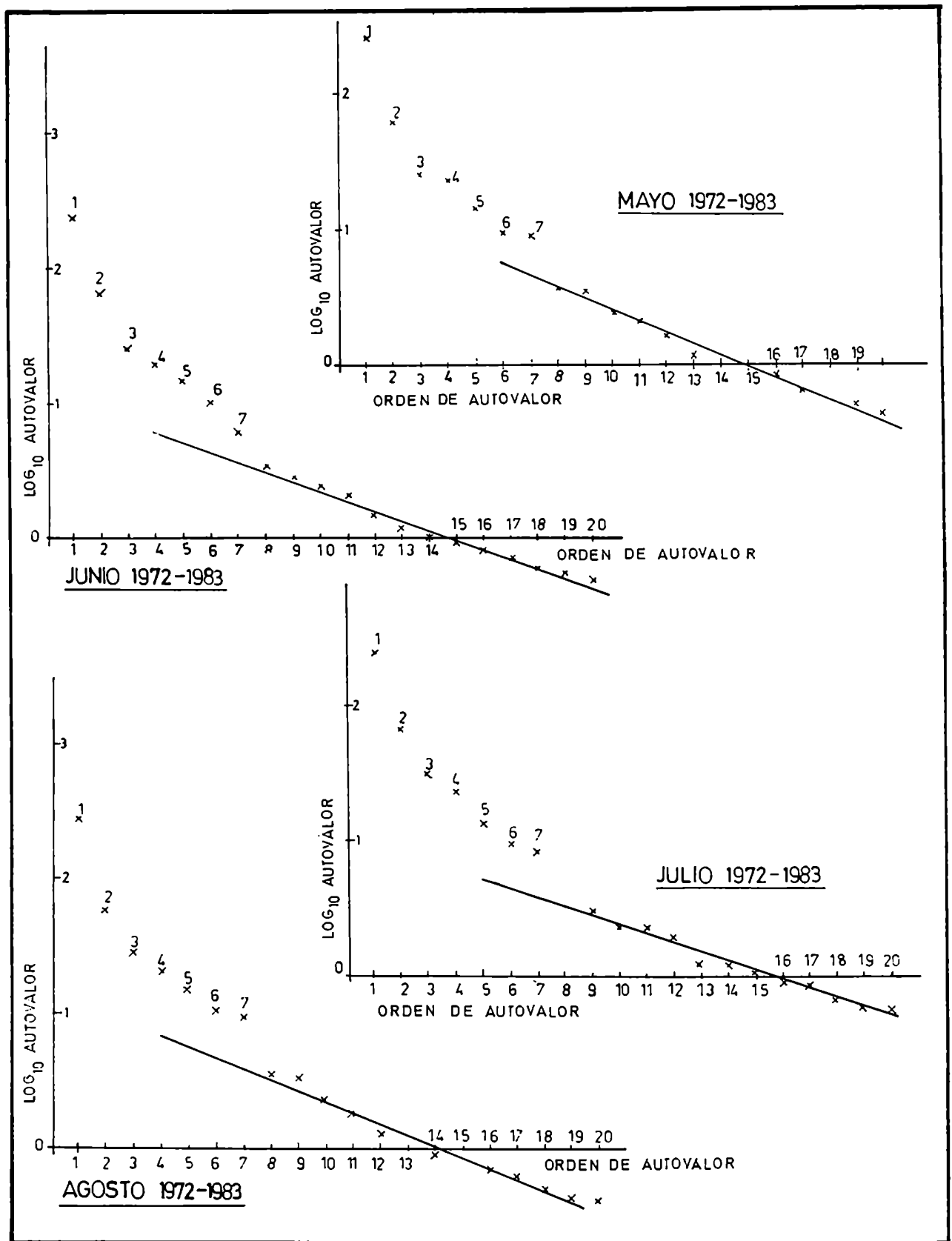


Figura 13: Diagramas de Lev (autovalores versus el orden del autovalor) para los meses de mayo, junio, julio y agosto para el período 1972-1983.

mientras que las de orden superior a la octava sólo contendrían la parte aleatoria de la información correspondiente a topografías que ocurren raramente, errores en los datos o información de procesos de escala menor que la sinóptica.

3.4.1.3.2._ Configuraciones prototípicas ó modelos:

En el Modo-T de análisis los modelos, ó configuraciones prototípicas se representan graficando los factores de puntaje. Puesto que tradicionalmente se toma al mes de Julio como representativo de las condiciones del invierno, aquí se consideran como referencia a los modelos obtenidos del análisis del mes de Julio para el período 1972 a 1983, figura (14). A partir de estos resultados se definen similitudes ó diferencias entre meses ó períodos. Se hace corresponder en este caso, el orden numérico de las componentes al orden alfabético de los modelos.

La Tabla (3) contiene los modelos, el porcentaje de varianza explicado y el porcentaje acumulado por las primeras ocho CPs, para los meses de Mayo, Junio, Julio y Agosto del período de 1972 a 1983.

Se consideró que los modelos son iguales o semejantes cuando las perturbaciones ocupan aproximadamente las mismas regiones con los mismos signos relativos entre ellas, y los gradientes son similares.

Los modelos de las primeras siete componentes significativas resultantes del análisis de los meses de Mayo, Junio y Agosto son prácticamente iguales a los modelos de la figura (14) correspondientes al mes de Julio. A la octava componente,

considerada límite entre el "ruido" y la información significativa, corresponde el modelo H para los meses de Junio, Julio y Agosto, mientras que para Mayo se tiene el modelo I. Es así posible deducir que la estructura interna de los campos bóricos de superficie es estable en el invierno y su variabilidad intermensual solo puede ser adjudicable a la variabilidad del porcentaje de varianza que cada uno de los modelos explica o sea en otras palabras, unos pocos modelos son los que configuran el campo bórico de superficie y la variabilidad intermensual se debe a la variabilidad de su distribución en la muestra.

Climaticamente estos resultados permiten considerar a cada uno de los meses como pertenecientes a una misma unidad a la que se le llamó invierno y por lo tanto es posible suponer que la estructura general, que sería considerar a los cuatro meses dentro de la misma muestra, tendría la misma estructura básica, que explica aproximadamente el 93% de la varianza total (ver Tabla,3). Esto es una ventaja para la construcción de modelos de pronóstico climático ya que las constantes del modelo serán más estables para una muestra de mayor número.

Los primeros modelos son:

Modelo A :

La topografía de este modelo es similar a la del campo medio de presión de superficie (figuras,11 y 14). Para los cuatro meses estudiados este modelo correspondió a la primer componente y la varianza explicada por el mismo es en todos los casos superior a la mitad de la varianza total.

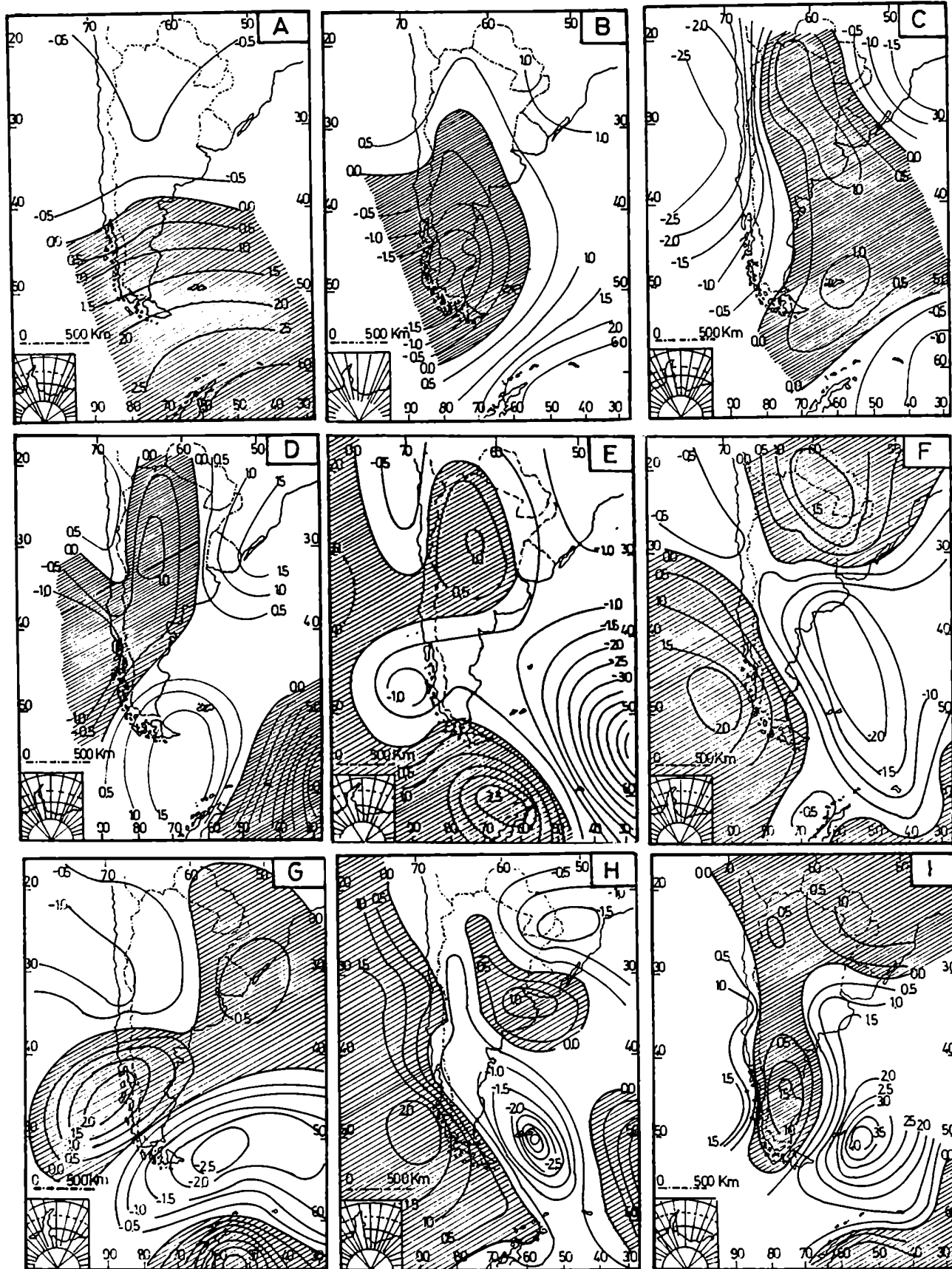


Figura 14: Figuras A a H corresponden a los ocho primeros Modelos resultante del análisis CPs del mes de julio del período 1972 a 1983; Modelo I corresponde al octavo Modelo para el mes de mayo del mismo período.

Mes	Varianza	Prec. men. media	Frec. media
Agosto	60.6 %	36.34 mm.	7.66 días
Mayo	59.3	61.47	7.8
Junio	57.1	93.13	8.33
Julio	56.8	83.76	9.33

Menores valores de porcentaje de varianza explicados por este modelo corresponden a mayores valores de precipitación y frecuencia de días con precipitación en Santiago de Chile (En el capítulo correspondiente a la precipitación se demuestra que la precipitación en Santiago es representativa de la precipitación en el área de la Cordillera de los Andes Centrales entre 30°S y 40°S por ello en esta sección se utiliza la precipitación de Santiago de Chile como referencia).

El modelo A con bajas presiones en el área sombreada corresponde a situaciones sinópticas que presentan un flujo zonal del oeste al sur de 40°S , la baja termo-orográfica débil sobre el continente en el noroeste de Argentina, los anticiclones semipermanentes del Atlántico y Pacífico Sur afectando las costas este y oeste al norte de 40°S. Esta situación es acompañada en altura generalmente por un flujo del oeste sin ondas muy marcadas. Un ejemplo de este modelo como caso real es el día 2 de mayo de 1976 (foto 12).

El modelo inverso, caso en que se tienen altas presiones en el área sombreada, no existe como situación sinóptica real y prueba de ello es el bajo, casi nulo porcentaje de varianza que

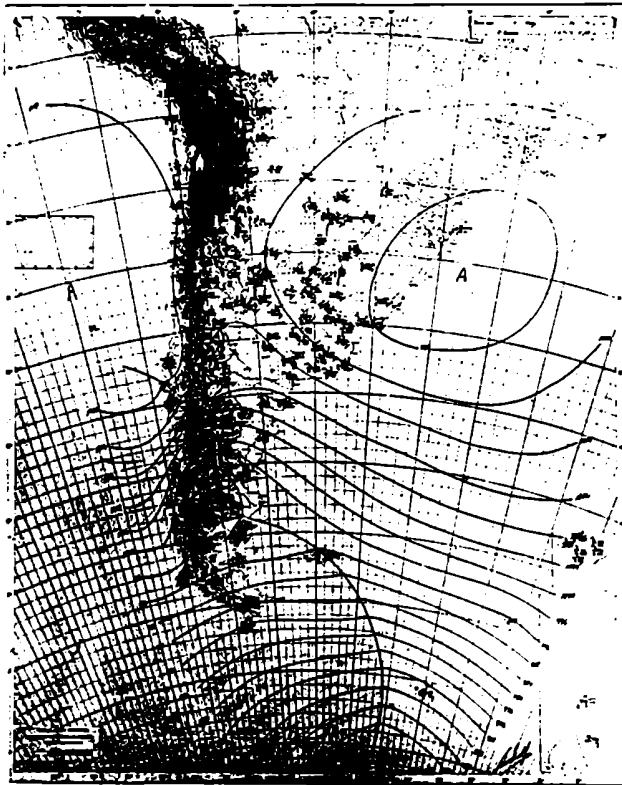


Foto 12 2-5-1976 (S.M.N.)

Corresponde al Modelo A con bajas presiones en el área sombreada.

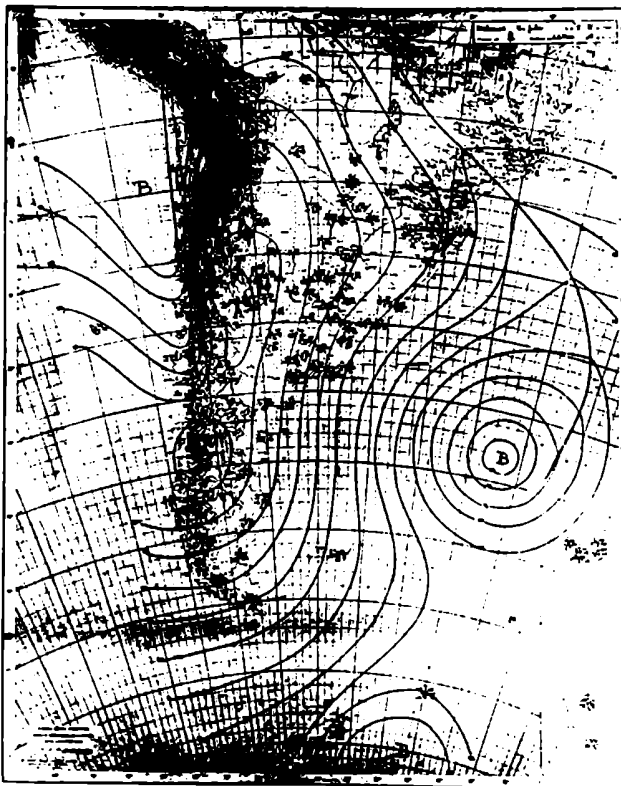


Foto 13 16-7-1975

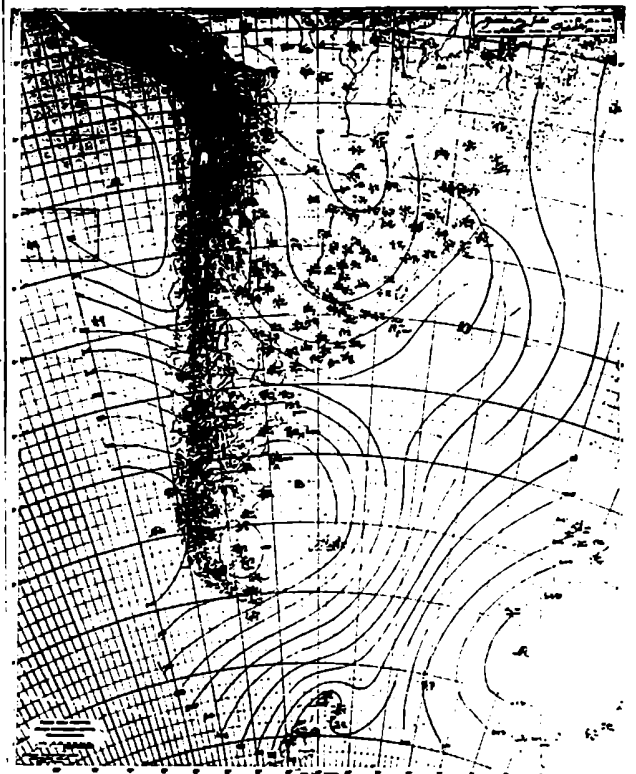


Foto 14 18-7-1978

Corresponden al Modelo B con altas (13) y bajas (14) presiones en el área sombreada.

explica esta situación , ver tabla (4).

Modelo B :

Este prototipo correspondió en todos los meses analizados a la segunda componente. Su topografía (figura 14B) representa un sistema centrado al sur de la Patagonia alrededor de 50°S , con un eje Norte Sur y afecta a todo el campo analizado. En el límite entre Argentina y Chile al norte de 40°S se observa una perturbación de la topografía adjudicable a la influencia de la Cordillera de los Andes.

La forma del sistema, posición del eje e intensidad, resultaron iguales para los cuatro meses analizados.

Explica en promedio un 15% de la varianza total, con valor máximo en junio de 16.2% y mínimo en Agosto de 13.1%, (tabla 3).

El modelo sinóptico correspondiente a bajas presiones en el área sombreada representa las situaciones con centros de baja presión al sur de 40°S asociados a sistemas frontales. A esta situación le corresponde en altura una vaguada que generalmente afecta latitudes mayores a 40°S. Un caso es el día 18 de julio de 1978,(foto 14).

La situación inversa, con altas presiones en el área sombreada, es el caso de días con un anticiclón frío post frontal, que genera advección de aire polar, con su centro ubicado sobre la Patagonia y que afecta hasta el norte argentino, y un frente semiestacionario ubicado en el noreste de Argentina ó sur del Brasil. Un ejemplo es el día 16 de Julio de 1975,(foto,13)

Modelo C:

La topografía, ver fig (14C), muestra una perturbación con un eje nor-noreste, sur-sureste que abarca todo el campo de estudio, acompañado por un fuerte gradiente meridional en todo el sector oeste del continente.

El modelo corresponde a la tercer componente en los meses de Junio, Julio y Agosto y a la cuarta componente en el mes de Mayo.

El porcentaje de varianza explicado es del orden del 6% de la varianza total, (tabla 3).

Este prototipo presenta cierta variabilidad en su forma siendo esta diferencia mayor entre los meses de Junio y Julio. La figura (15) muestra el modelo C para el mes de Junio.

En el caso de bajas presiones en el área sombreada se tiene una situación con un frente frío bastante meridional ubicado desde el noreste Argentino, hasta el océano Atlántico al este de la Patagonia. Una situación sinóptica similar a este modelo es el día 26 de Julio de 1980, (foto 15).

La situación inversa, es aquella en que se tienen altas presiones en el área sombreada. Corresponde a una situación sinóptica temporalmente posterior al caso del modelo B con altas presiones en el área sombreada. Un centro de alta presión frío, ubicado al sur de Uruguay, Sur de Brasil ó en el Océano Atlántico Sur al Norte de 40°S. Una situación similar es el día 6 de Julio de 1978, (foto 16).

Modelo D:

Este modelo muestra perturbaciones de distinto signo con ejes orientados de noreste a sudeste, uno desde el sur de Brasil

a Tierra del Fuego y otro desde el noreste argentino hasta la costa de Chile entre 40°S y 50°S. Los prototipos de los cuatro meses analizados, no presentaron diferencias de forma. Es el modelo correspondiente a la 40CPs. en los meses de Junio, Julio y Agosto y a la 30CPs en el mes de Mayo.

El modelo con bajas presiones en el área sombreada corresponde a una situación sinóptica en la que aparece un sistema de Bjerknes con una baja presión en la parte central de Chile o sobre la costa del Pacífico entre 30°S y 45°S, otra baja al oeste de las islas Malvinas, una rama frontal semi-estacionaria en el sector norte de la Patagonia y un anticiclón post frontal ubicado al sur de la Patagonia que en ocasiones afecta hasta la Antártida y actúa como anticiclón de bloqueo. En el noreste argentino la baja termo-orográfica está intensificada por el efecto de la parte delantera de vaguada de altura que hay sobre la cordillera de los Andes en el sector al norte de 45°S. Un ejemplo de esta situación es el día 25 de Julio de 1980 foto (17).

El caso inverso, con altas presiones sobre el área sombreada, corresponde a una situación posterior a un pasaje frontal en superficie, al norte del paralelo 40°S, en donde los sistemas se mueven en latitudes inferiores a las usuales. Este anticiclón post frontal sobre el sector noreste argentino, no está asociado a una irrupción de aire polar sobre el continente, como lo es el caso del modelo B para altas presiones. En superficie el frente se encuentra ubicado sobre Paraguay ó el sur de Brasil y otro sistema de bajas presiones se halla en el sur de la Patagonia, Tierra del Fuego ó Pasaje Drake. Un ejemplo de

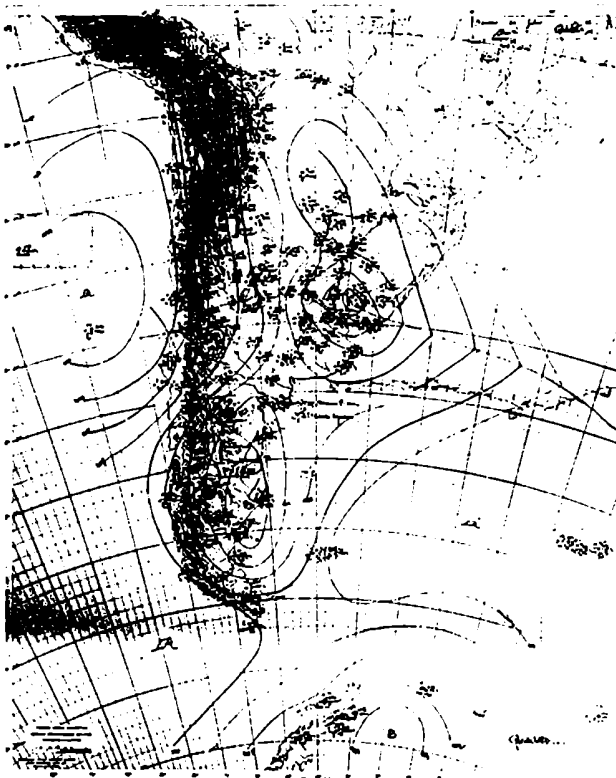


Foto 15 26-7-1980

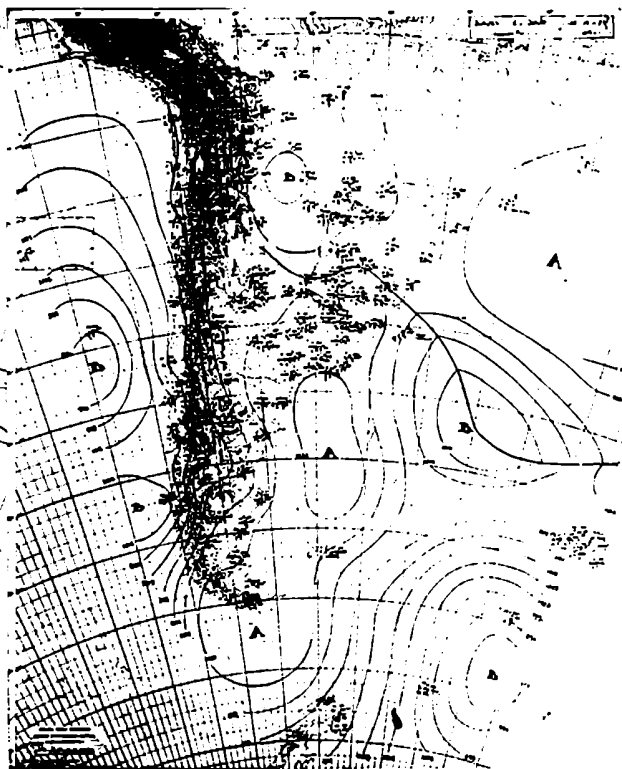


Foto 16 6-6-1978

Corresponden al Modelo C para los casos de bajas (15) y altas (16) presiones en el área sombreada.

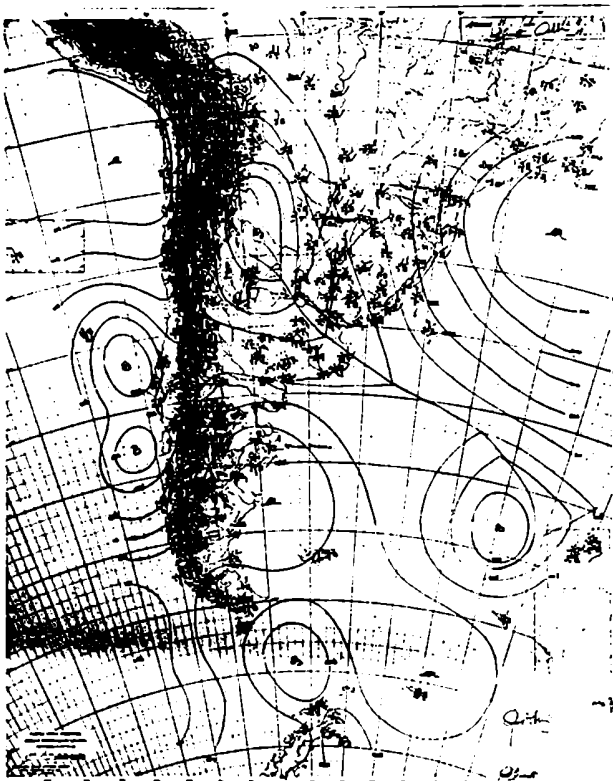


Foto 17 25-7-1980



Foto 18 30-8-1972

Corresponden al Modelo D para los casos con bajas (17) y altas (18) presiones en el área sombreada.

esta situación es el día 30 de agosto de 1972, (foto 18).

Modelo E:

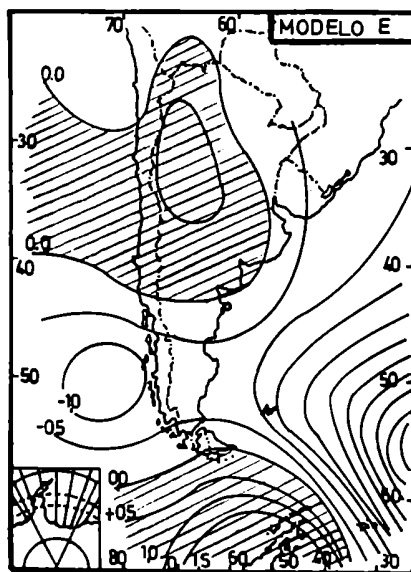
De todos los modelos que resultaron contener información significativamente no aleatoria, es el que presenta mayor variabilidad de forma entre un mes y otro. La figura (15) muestra las configuraciones resultantes del modelo E para los distintos meses analizados. Las mayores diferencias se observan entre los meses de Julio y Junio.

Este modelo muestra una perturbación zonal entre 40°S y 60°S que divide el área en dos perturbaciones del mismo signo, una en la Antártida y otra en el centro y norte de la Argentina. En todos los meses corresponde a la 59CPs que explica aproximadamente 3,5% de la varianza. (Tabla 3).

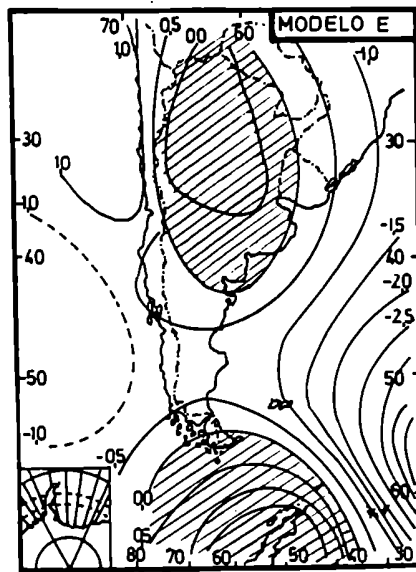
En el caso de altas presiones en el área sombreada se tienen situaciones sinópticas en las cuales en el Atlántico sur se encuentra una profunda depresión, un ejemplo es el día 27 de junio de 1983, (foto 19). El caso inverso, bajas presiones en el área sombreada, no es tan frecuente ó no aparece como una situación puramente definida, un ejemplo de ella es el día 21 de Junio de 1981, (foto 20).

Modelo F:

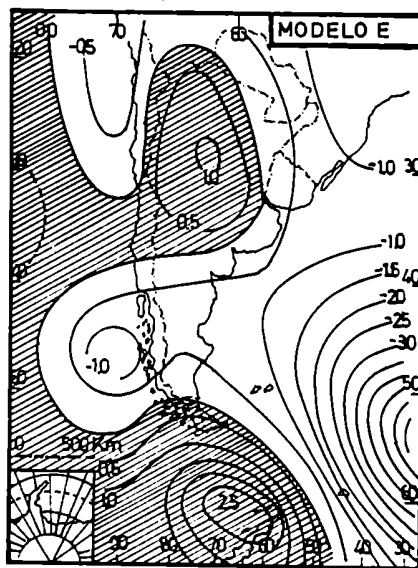
La configuración de este modelo presenta un eje nor-oeste sud-este y dos perturbaciones de signo contrario al eje, una en el noreste del área y otra en el sur-oeste. Esta topografía no presenta variabilidad de forma en los meses estudiados y en todos ellos corresponde a la 69CPs que explica aproximadamente 2,5% de



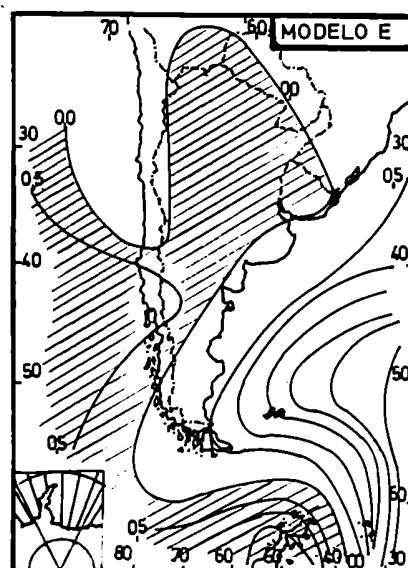
a) Mayo 1972-1983



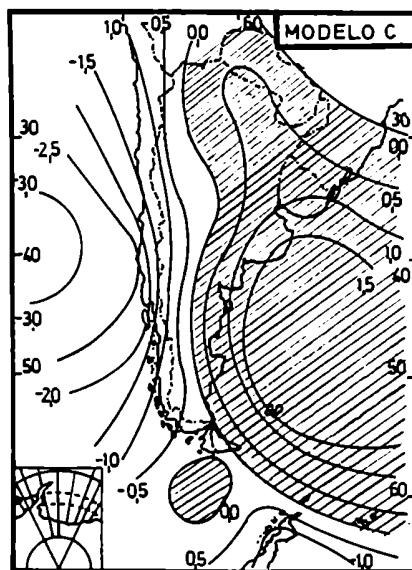
b) Junio 1972-1983



c) Julio 1972-1983



d) Agosto 1972-1983



e) Junio 1972-1983

Figura 15: Modelos del análisis por CPs de los campos de presión de superficie. (fig. a-d) Modelo E para la muestra 1972-1983 y (fig. e) Modelo C del mes de junio.

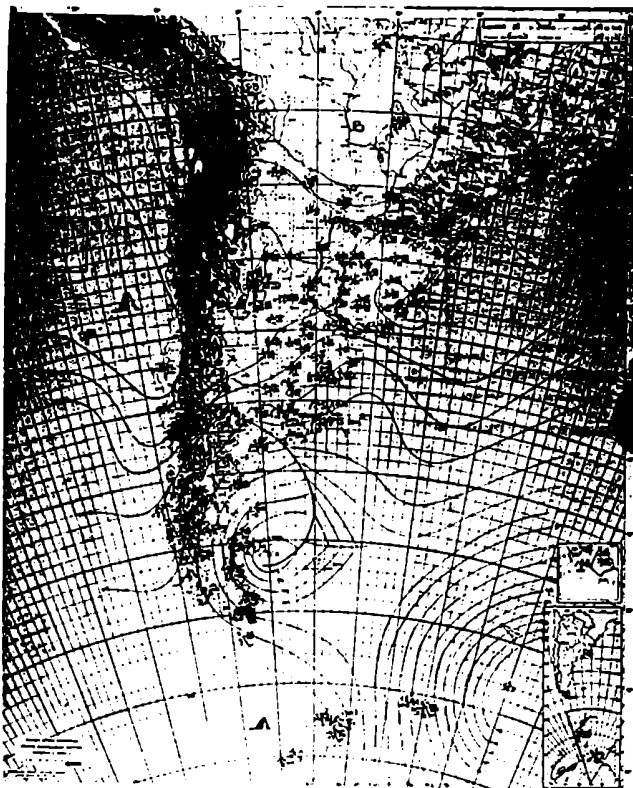


Foto 19 27-6-1983

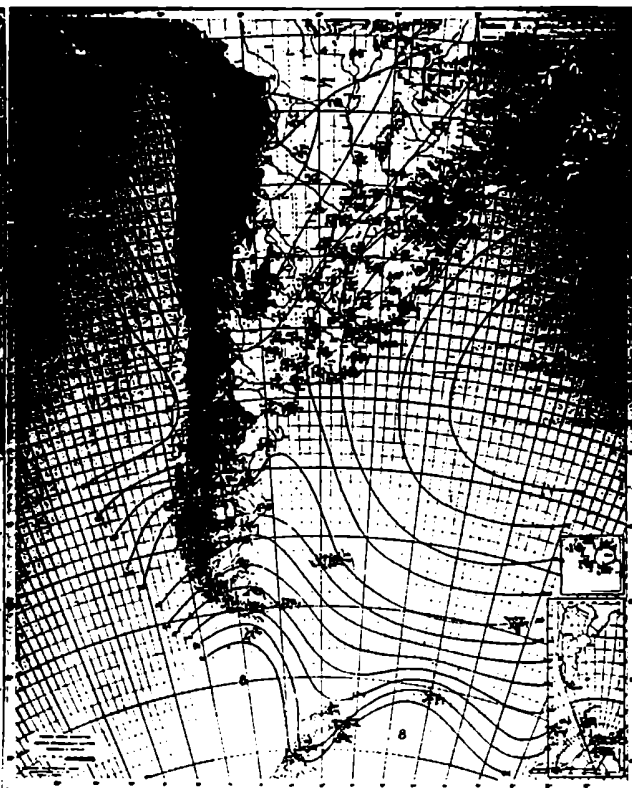


Foto 20 21-6-1981

Corresponden al Modelo E para los casos de altas (19) y bajas (20) presiones en el área sombreada.

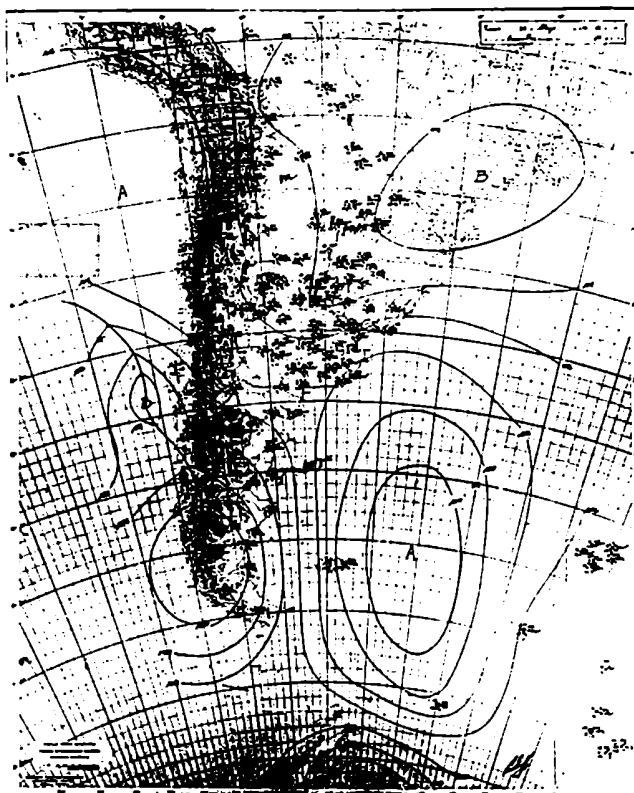


Foto 21 28-5-1976

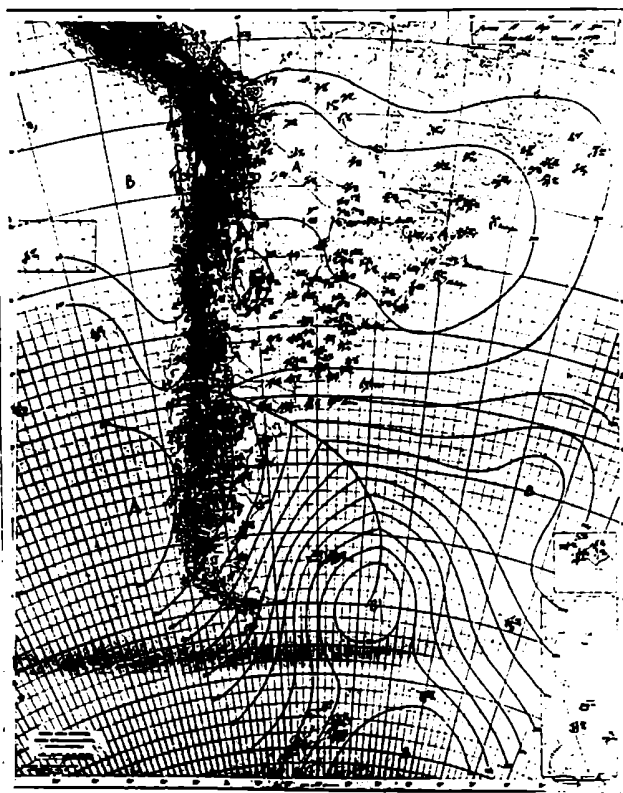


Foto 22 19-5-1977

Corresponden al Modelo F para los casos de bajas (21) y altas (22) presiones en el área sombreada.

la varianza.

A pesar de la pequeña varianza explicada es posible hallar situaciones sinópticas muy similares a este prototipo. Un modelo es el que tiene bajas presiones en el área sombreada, se caracteriza por presentar una alta presión en el Atlántico sur entre 40°S y 50°S, sobre las islas Malvinas, un ejemplo es el día 28 de Mayo de 1976, (foto 21).

La situación inversa es la que tiene altas presiones en el Área sombreada y una centro de baja presión bastante profundo sobre las islas Malvinas y el Atlántico sur. El día 19 de Mayo de 1977, (foto 22) es un ejemplo de este modelo.

Modelo G:

La topografía muestra perturbaciones de distinto signo al norte y al sur de la Patagonia, con grandes gradientes. El caso en que hay bajas presiones en el área sombreada, es la situación más fácilmente identificable entre los campos reales, un ejemplo es el día 24 de Junio de 1973, (foto 23). La situación inversa no se presenta como una situación definible sino sólo con algunos rasgos de ella. Un ejemplo es el día 24 de Agosto de 1972, (foto, 24). Corresponde en todos los meses a la 7°CPs que explica aproximadamente entre 2.5% y 1% de la varianza, (tabla 3).

Modelo H y Modelo I :

Las topografías de los modelos H e I son mucho más complejas que las anteriores y se caracterizan por presentar fuertes gradientes. El modelo H corresponde a la 8°CPs en los meses de Junio, Julio y Agosto mientras que el modelo I es el



Foto 23 24-6-73



Foto 24 24-8-1972

Corresponden al Modelo G para el caso de bajas (23) y altas (24) presiones en el área sombreada.

resultado de la BQCPs del mes de Mayo, y explica aproximadamente el 1% de la varianza total.

Los modelos descriptos, corresponden a las primeras ocho componentes de bajo orden y explican en total entre 94% y 95% de la varianza total, el remanente 5% está dado por las componentes de orden noveno o superior y sus modelos presentan estructuras de complejidad creciente, adjudicable al "ruido" o parte de la información que no puede separarse del azar, (tabla 3).

El análisis subjetivo de los campos sinópticos diarios nos permite concluir que los prototipos de las primeras componentes de bajo orden corresponden, para las muestras analizadas, a situaciones sinópticas reales, resultado no obviamente esperable a priori ya que la teoría solo garantiza que la base de modelos es ortogonal pero no necesariamente asimilable a una explicación física. El haber hallado, en este caso, un ajuste entre los prototipos y los modelos sinópticos reales, nos permite contar con la ventaja de poder explicar la variabilidad climática en términos de modelos meteorológicos que pueden ser considerados independientes por ser ortogonales y poder cuantificar la varianza que los mismos representan en el sistema total y su influencia a través del tiempo.

3.4.1.3.3._ Porcentajes de varianza explicados por las componentes:

El valor de los autovalores permite obtener el porcentaje de varianza explicado por las componentes ya que:

$$\% \text{ var. C.P}_i = \frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^N \lambda_i} \times 100$$

N= número de variables

i= orden del autovalor y de la componente principal

(λ)= autovalor

En la tabla (3) se muestran los porcentajes de varianza explicados por cada componente y el porcentaje de varianza acumulado en las muestras de 12 años para cada uno de los meses estudiados.

La primer componente, cuyo modelo es A, explica por sí misma más de la mitad de la variabilidad total.

La segunda componente, que en Junio, Julio y Agosto le corresponde el modelo B, compensa casi la totalidad de la variabilidad intermensual de la varianza explicada por A, y explica en promedio un 15% de la varianza.

Las cinco siguientes componentes tienen una importancia similar en la descripción de la variabilidad pues la diferencia

MAYO				JUNIO		
CPs	Modelo	Var. %	VarAcum %	Modelo	Var. %	VarAcum %
1	A	59,31	59,31	A	57,13	57,13
2	B	14,28	73,59	B	16,23	73,36
3	D	6,22	79,81	C	6,52	79,88
4	C	5,60	85,41	D	5,07	84,94
5	E	3,45	88,87	E	3,87	88,81
6	F	2,32	91,18	F	2,69	91,50
7	G	2,13	93,32	G	1,66	93,16
8	I	0,94	94,26	H	0,93	94,10
9		0,89	95,15		0,78	94,87
10		0,62	95,77		0,67	95,54

JULIO				AGOSTO		
CPs	Modelo	Var. %	VarAcum %	Modelo	Var. %	VarAcum %
1	A	56,82	56,82	A	60,65	60,65
2	B	15,79	72,61	B	13,16	73,81
3	C	7,40	80,01	C	6,88	80,69
4	D	5,46	85,47	D	4,99	85,67
5	E	3,27	88,74	E	3,66	89,34
6	F	2,27	91,00	F	2,62	91,95
7	G	2,01	93,02	G	1,86	93,81
8	H	0,88	93,90	H	0,92	94,74
9		0,76	94,66		0,84	95,57
10		0,60	95,27		0,59	96,17

Tabla 3: Modelos y varianzas explicada por las primeras CPs, de bajo orden, de los meses de mayo, junio, julio y agosto para el período 1972 a 1983 (campos de presión al nivel del mar de la hora 12 z).

en la magnitud de varianza explicada es pequeña. La varianza residual es del orden de 5% y se reparte decrecientemente en las restantes componentes de tal manera que el orden de la componente está linealmente correlacionado con la cantidad de varianza explicada, como se vio al analizar los diagramas de LEV, lo cual significa que ese porcentaje de varianza corresponde al "ruido". Con el objeto de evaluar si las distribuciones de varianza de cada mes difieren significativamente entre sí, se aplicó el metodo descrito por North y otros (1982), según el cual, el autovalor tiene un error producto del tamaño muestral y es proporcional al valor del autovalor, que se expresa como:

$$\delta \lambda_i = \lambda_i \left(\frac{2}{N} \right)^{1/2}$$

N=número de variables

(λ_i)= autovalor de orden-i

($\delta \lambda_i$)= error muestral del autovalor

De esta manera, se considera que dos autovalores no difieren significativamente entre sí cuando uno de ellos se encuentra dentro del límite de error del otro.

En la figura (16) se muestran los siete primeros autovalores y el correspondiente rango de error, para cada una de las cuatro muestra analizadas que son la de los meses de Mayo, Junio, Julio y Agosto.

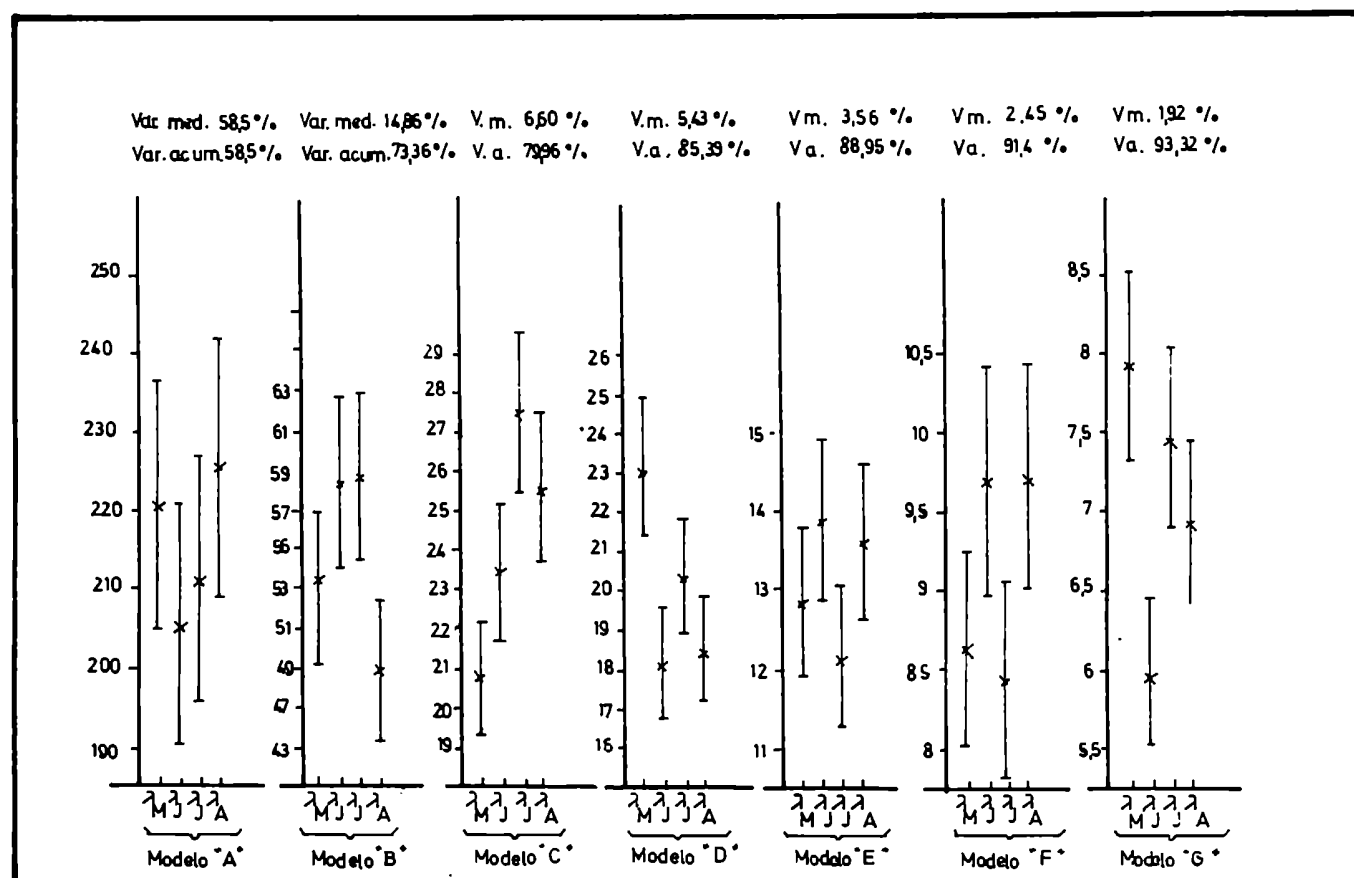


Figura 16: Autovalores y error muestral de los autovalores para las componentes principales correspondientes a los Modelos "A" a "G", de los meses de mayo (M), junio (J), julio (J) y Agosto (A) para el período 1972 a 1983.

El modelo A correspondiente a la primer componente y cuya varianza está dada por el primer autovalor, no muestra fluctuaciones intermensuales significativas de la varianza explicada, ya que cada autovalor se halla dentro del rango de error de los otros.

Por otra parte los modelos que muestran mayor dispersión en el valor de los autovalores y que por ende reflejan mayor variabilidad de la varianza explicada, son los modelos C y G.

En general los modelos B al G muestran diferencias significativas en los valores de los autovalores y de la varianza explicada. Dado que los primeros modelos significativos son los mismos para los cuatro meses pero la varianza explicada por los modelos B al G muestra diferencias significativas, la variabilidad intermensual de los campos de presión de superficie durante el período invernal se deberá fundamentalmente a la variabilidad de la distribución de los modelos dentro de la muestra, aunque como se vió esa distribución tiene rasgos comunes en estos meses.

3.4.1.3.4._ Varianza explicada por los modelos en términos del signo de la perturbación:

Como se vió cuando se describieron los prototipos, cada uno de ellos representa potencialmente dos posibilidades, altas ó bajas presiones en las áreas sombreadas. A su vez el porcentaje de varianza explicado por cada componente es la suma de las varianzas que aportan ambas posibilidades, y se puede expresar:

$$V\% = \frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^N \lambda_i} \times 100$$

$$V \% = \frac{\lambda_i}{N} \times 100 = \frac{\sum f \cdot l(i)^2}{N} \times 100$$

donde V% es el porcentaje de varianza, fl es el valor del factor de carga de orden-i, N es el número de variables y λ_i es el autovalor.

La sumatoria de los factores de carga al cuadrado se puede dividir en dos sumas parciales, la de los valores positivos de factores de carga (fl+) y la de valores negativos (fl-) quedando así:

$$V\% = \sum \frac{f \cdot l(+)^2}{N} \times 100 + \sum \frac{f \cdot l(-)^2}{N} \times 100$$

Aquí se propone, que cada uno de estos términos son porcentajes de varianza explicados en forma discriminada por cada una de las dos posibilidades de los modelos.

Para definir cuál de los dos porcentajes parciales de varianza corresponde a una posibilidad determinada del modelo se utiliza la serie de tiempo de los factores de carga ubicando la fecha de los días para los cuales los valores son máximos ó

MODELO		MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
A	BAJA	58,92	57,11	56,26	60,46
	ALTA	0,38	0,02	0,56	0,18
B	BAJA	5,29	6,81	7,65	5,13
	ALTA	8,97	9,41	8,13	8,00
C	BAJA	3,68	3,88	4,77	3,89
	ALTA	1,91	2,63	2,62	2,98
D	BAJA	3,50	3,23	3,95	3,51
	ALTA	2,69	1,83	1,50	1,46
E	BAJA	1,65	1,84	1,39	1,55
	ALTA	1,79	2,01	1,87	2,10
F	BAJA	1,59	1,54	1,31	1,64
	ALTA	0,71	1,14	0,95	0,97
G	BAJA	1,34	1,09	1,29	1,08
	ALTA	0,79	0,57	0,71	0,77
Precipitación media		61,47	93,13	83,76	36,34
Frecuencia media		7,80	8,33	9,33	7,66

Tabla 4: Varianza explicada por los primeros modelos y sus inversos, ya sea que el área sombreada de la figura 14 corresponde a altas o bajas presiones. Meses de mayo, junio, julio y agosto para el período 1972 a 1983.

minimos, al comparar los campos reales de esas fechas con los prototipos se determina si los factores de carga negativos (positivos), corresponden a casos con bajas ó altas presiones en el área sombreada.

Mediante este procedimiento se calcularon los porcentajes de varianza de los modelos significativos en sus dos posibilidades, los resultados se encuentran en la tabla (4).

El modelo A sólo es posible en el caso de bajas presiones en el área sombreada, esto queda de manifiesto en la insignificante varianza explicada para la situación inversa.

Este resultado era esperable ya que altas presiones en el área sombreada indicaría flujos del este sobre la Patagonia. El mes en que es mayor el porcentaje de varianza explicado por este modelo es Agosto, al que también le corresponde el mayor índice zonal, definido previamente como la presión en Bahía Blanca menos la de Ushuaia.

Los resultados para el Modelo B muestran preponderancia de campos con altas presiones sobre el área sombreada, situación en que se producen irrupciones de aire polar sobre el sector continental. En Mayo y Agosto es menor la varianza explicada por esta situación y a su vez son estos los meses más calientes de los estudiados como puede verse en la tabla (5).

En Agosto se tienen los mínimos valores de precipitación total y frecuencia media de días con precipitación (31.34 mm. y 7.66 días) , le sigue el mes de Mayo con 61.47 mm. y 7.8 días , ambos meses tienen un alto porcentaje de varianza explicado por el Modelo A y un bajo porcentaje de varianza del modelo B en el caso

	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
Obs. Central Buenos Aires	14,5	11,3	11,3	12,1
Mar del Plata	11,6	8,6	8,5	9,0
Catamarca Aero	16,4	12,2	12,6	14,9
Formosa Aero	18,9	16,8	16,9	17,2
Jujuy Aero	15,1	12,1	12,3	14,2
Santa Rosa	11,2	7,9	7,9	9,4
La Rioja Aero	15,3	11,1	11,0	13,4
San Martín	10,7	7,0	7,2	9,2
Rio Cuarto Aero	12,8	9,7	9,4	10,7
Corrientes Aero	18,1	15,7	15,8	16,0
Resistencia Aero	17,5	15,1	15,4	15,6
Comodoro Rivadavia	8,9	6,5	6,0	7,5
Concordia Aero	15,4	12,8	12,9	13,5
Posadas Aero	18,0	16,1	16,6	16,9
Neuquen Aero	9,3	6,2	5,9	8,0
Viedma Aero	10,1	7,1	7,0	8,3
Salta Aero	13,0	10,3	10,2	11,8
San Juan Aero	11,8	7,8	8,0	10,1
Villa Reynolds Aero	11,8	8,2	8,3	9,6
Rio Gallegos Aero	3,7	1,2	0,6	2,8
Ceres Aero	15,7	12,8	12,8	13,6
Santiago del Estero Aero	16,1	12,7	12,4	14,3
Tucumán Aero	16,1	12,7	12,6	14,3
Usuhaia	3,3	1,6	0,7	2,0

Tabla 5 : Datos de temperatura media mensual (°C) del período 1970-1980
extraídos de la estadística del mismo período del Servicio
Meteorológico Nacional.

de altas presiones, y del modelo C para bajas presiones , este último es asimilable a pasajes frontales.

Los meses más fríos (Tabla,5) son Junio y Julio, ellos son también los meses en que es mayor la cantidad y frecuencia de días con precipitación . En estos meses es menor el porcentaje de varianza explicado por el modelo A y son mayores los porcentajes de varianza del modelo B para altas , irrupciones de aire frío , y del modelo C para bajas, pasajes frontales.

En general los modelos C, D, F y G explican mayores varianzas en el caso de bajas presiones en el área sombreada, mientras que los modelos B y E inversamente explican mayor varianza en los casos de altas presiones.

3.4.2._ Variabilidad entre sub-períodos:

Se divide al período total de análisis , 1972 a 1983, en dos sub-períodos 1972 a 1977 y 1978 a 1983, con el objeto de estudiar la estabilidad de los modelos resultantes del análisis por componentes principales.

Los diagramas de LEV de la figura (17) muestran que las componentes significativas, en los sub-períodos de seis años cada uno, al igual que en el período total de doce años, serían sólo siete, con excepción de Junio para 1972 a 1977 en que habrían ocho componentes significativas y en Agosto, para el sub-período de 1978 a 1983 en que sólo serían seis .

En la tabla (6) se presentan las primeras CPs, la varianza explicada por ellas y los modelos resultantes, de los meses de

CPs	MAYO				JUNIO			
	1972-1977		1978-1983		1972-1977		1978-1983	
	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.
1	A	63,87	A	56,42	A	55,51	A	59,91
2	B	14,34	B	13,21	B	16,25	B	15,45
3	D	5,21	D	7,49	C	7,48	C	6,22
4	C	5,04	C	6,28	D	5,21	D	4,68
5	E	3,04	E	4,10	J	4,19	E	3,49
6	F	2,23	G	2,66	F	2,65	F	2,54
7	G	1,48	F	2,09	G	1,84	K	1,42
8		0,66	I	1,18	H	1,07	H	0,85

CPs	JULIO				AGOSTO			
	1972-1977		1978-1983		1972-1977		1978-1983	
	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.
1	A	59,43	A	59,66	A	60,94	A	60,80
2	B	15,02	B	16,65	B	12,71	B	13,88
3	C	6,81	C	8,02	C	6,66	C	7,27
4	D	4,37	D	6,62	D	4,71	D	5,18
5	E	3,64	E	2,84	E	3,91	K	3,34
6	F	2,30	F	2,33	F	3,02	F	2,17
7	G	2,09	G	1,94	G	2,03	G	1,59
8	H	0,95		0,93	H	0,97	H	0,89

Tabla 6: Primeras CPs, varianza explicada y modelos, correspondientes al análisis de los sub períodos 1972-1977 y 1978-1983 de los meses de mayo, junio, julio y agosto.

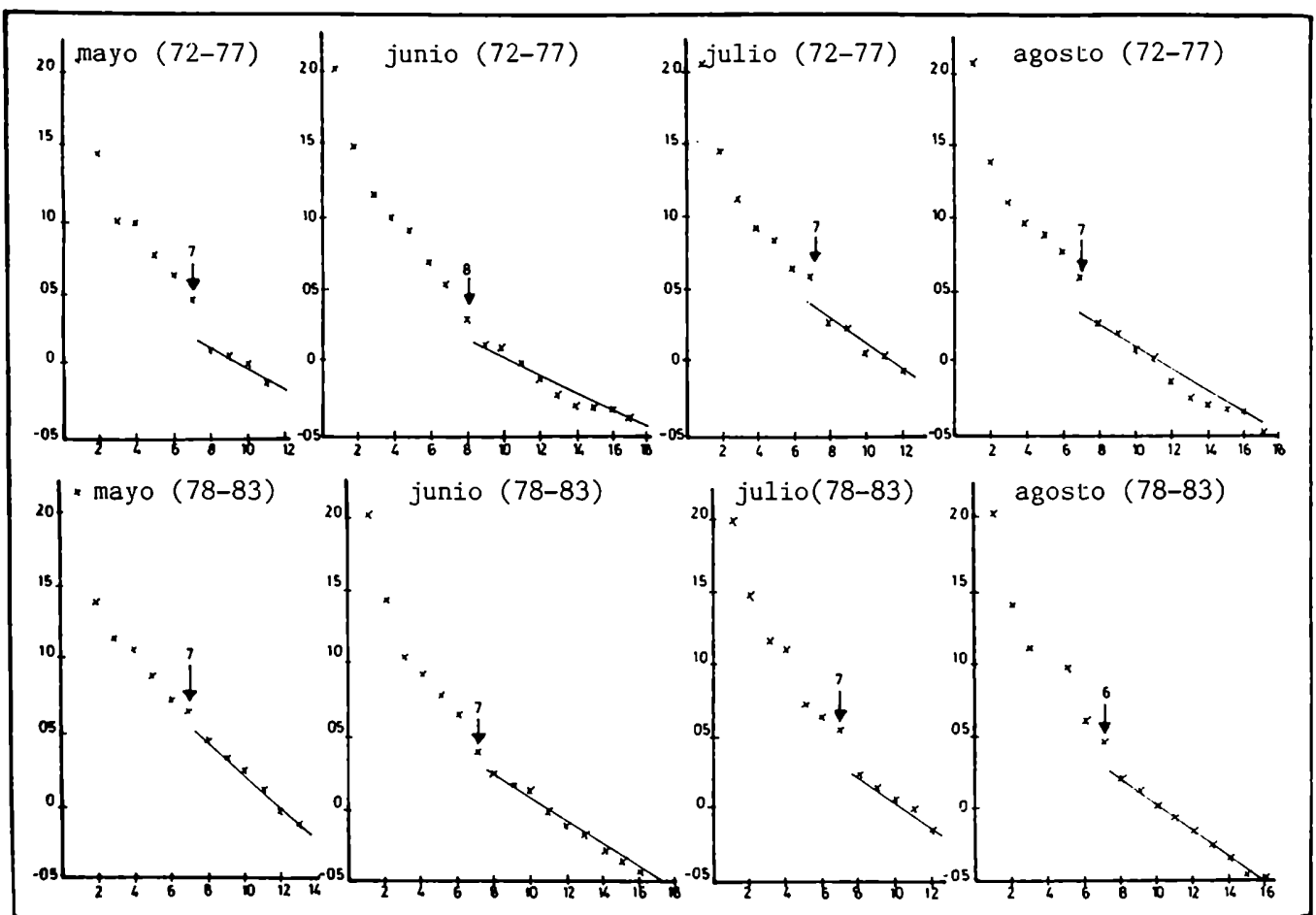


Figura 17: Diagramas de Lev del análisis de CPs para los meses de mayo, junio, julio y agosto de los subperíodos 1972 a 1977 y 1978 a 1983.

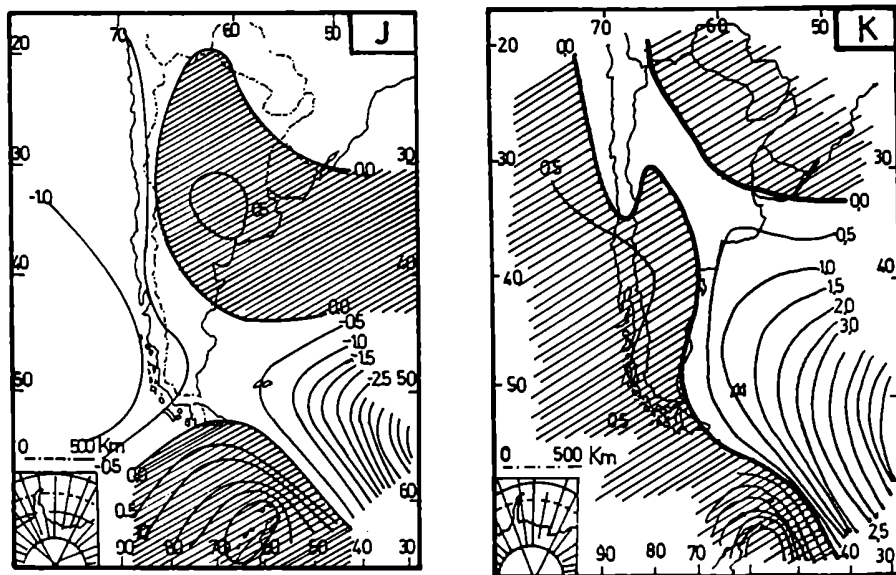


Figura 18: Modelo J correspondiente a la 5ª CPs del mes de junio del subperíodo 1972 a 1977 y Modelo K correspondiente a la 5ª CPs del mes de agosto del subperíodo 1978 a 1983.

Mayo a Agosto para los dos sub-períodos. Las configuraciones resultantes son las mismas que las obtenidas del análisis de los 12 años juntos y corresponden a componentes del mismo orden. Las únicas excepciones son : el modelo J resultante de la 50 CPs (4.2% de la varianza) en el mes de Junio para el sub período 1972 a 1977 y el modelo K que también corresponde a la 50 CPs (3.3% de la var.) del mes de Agosto del período 1978 a 1983. Ambos modelos no aparecen en el análisis del período total, sin embargo por su estructura (fig.18), pueden ser considerados deformaciones del modelo E (figura 14) que es el faltante y que corresponde exactamente a la 50CPs .

Dado que las bases ortonormales formada por las configuraciones de las componentes significativas, en ambos sub períodos resultaron practicamente iguales a las obtenidas del análisis del período total, e iguales entre sí, es posible inferir que dicha base será invariante para otro período de tiempo y por lo tanto se podrá representar a cualquier día de los meses de Mayo a Agosto como una combinación lineal de estos ocho ó siete modelos con un error de aproximación pequeño. Por supuesto este error aumentará dejando de ser despreciable en alguna situación extrema de configuraciones' muy poco probables. Obviando los casos particulares de estudios de extremos, ocho modelos permiten seguir la evolución de la circulación de superficie.

3.4.3._ Variabilidad interanual de los campos de presión de los meses de Mayo, Junio, Julio y Agosto:

Con el fin de estudiar y cuantificar la variabilidad interanual de los campos de presión de superficie para cada uno de los meses de Mayo a Agosto, se analizan separadamente las muestras mensuales (de 30 ó 31 días de acuerdo al mes considerado) para los 12 años del período 1972 a 1983 mediante:

_ Los campos de anomalías de presión definidos como las diferencias entre los campos medios mensuales de cada año y el campo medio mensual para el período total (los 12 años de 1972 a 1983).

_ La intensidad de la circulación zonal dada por la diferencia de presión entre Bahía Blanca y Ushuaia. Si se toma como referencia el índice de circulación para el período total , los campos de anomalías sirven como indicador para saber si en un año determinado la circulación fue mayor ,igual ó menor que en el período 1972 a 1983 en su totalidad, considerado aquí como referencia climática.

Los resultados del análisis por componentes principales, de los campos de anomalías, y las características de la precipitación se sintetizan a continuación. Se presenta también la frecuencia de días con precipitación y el total mensual para la estación de Santiago de Chile que es tomada como referencia de la precipitación en la Cordillera de los Andes entre 30°S y 40°S.

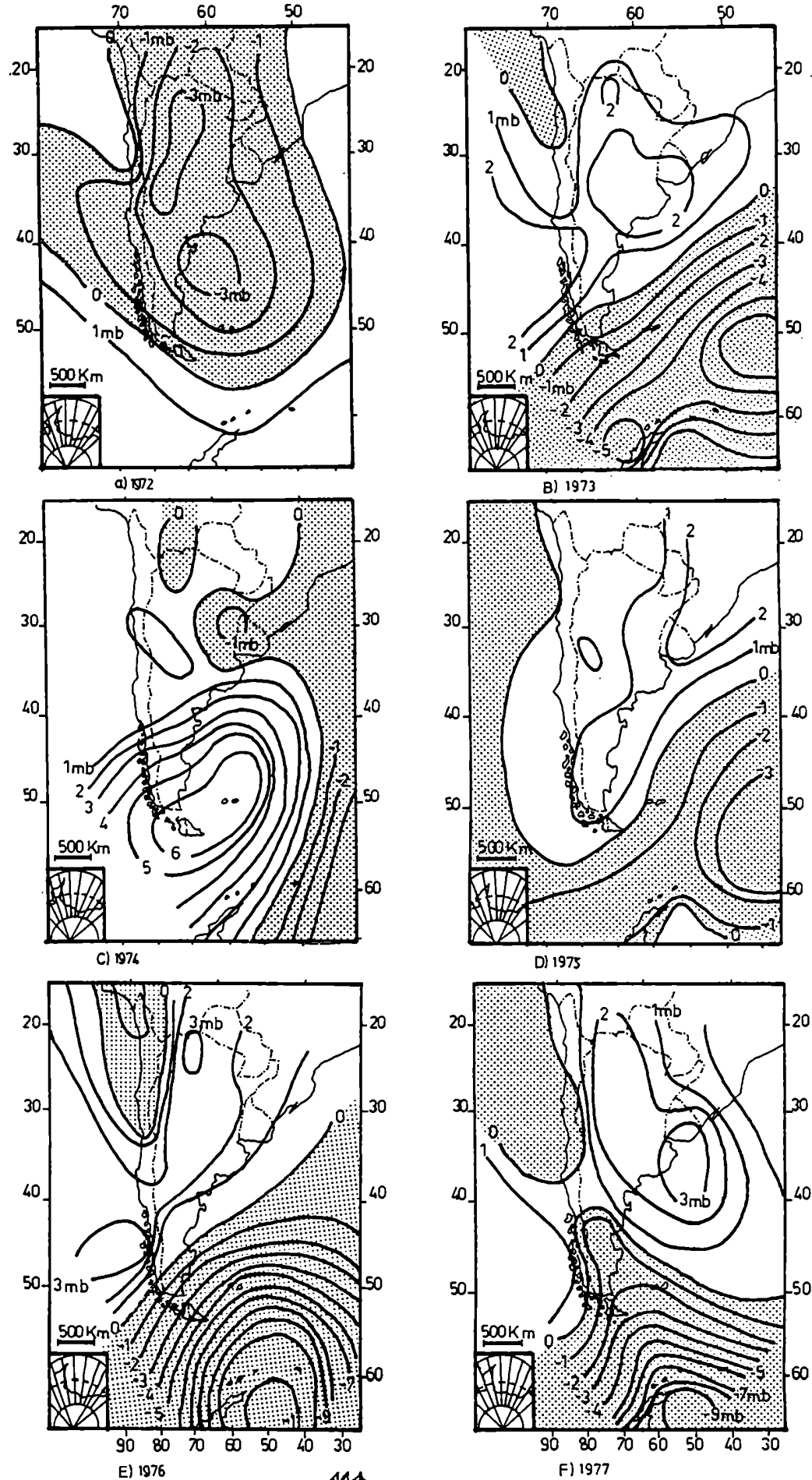
MAYO								
CPs	1972		1973		1974		1975	
	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.
1	A	56,33	A	70,05	A	58,03	A	63,31
2	B	17,63	B	12,48	B	15,07	B	20,91
3	C	8,83	C	6,15	C	8,05	D	5,39
4	D	5,53	D	4,86	F	6,89	C	3,83
5	E	4,00	F	1,42	E	3,63	F	2,10
6	G	2,26		1,32		2,33		1,19
7		1,10		0,64		1,73		0,77
8		0,96		0,63		0,90		0,41
CPs	1976		1977		1978		1979	
	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.
1	A	70,90	A	76,00	A	47,25	A	55,41
2	B	11,39	B	10,72	B	14,33	B	13,81
3	C	4,70	E	3,68	D	11,53	C	8,29
4	F	4,10	D	3,05	C	7,36	D	7,34
5	D	2,92	C	2,10	E	4,95	E	4,96
6		2,02		1,38		3,74	F	2,64
7		1,23		0,64		2,66		2,35
8		0,73		0,59		2,01		1,05
CPs	1980		1981		1982		1983	
	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.
1	A	64,48	A	60,90	A	66,95	A	56,20
2	B	10,86	B	17,89	B	11,97	B	15,48
3	D	7,70	C	6,91	D	7,68	E	7,97
4	C	4,91	D	5,42	C	4,63	D	6,95
5	E	4,20	F	1,99		1,68	C	4,14
6	G	2,01		1,83		1,53	F	2,02
7		1,15		1,14		0,99		1,67
8		0,96		0,77		0,91		0,93

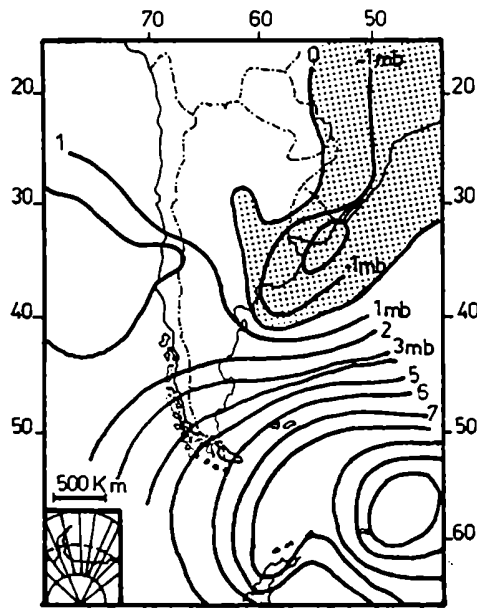
Tabla 7a: Porcentaje de varianza explicada por las primeras ocho componentes y los modelos respectivos para el mes de mayo del período 1972 a 1983.

MAYO													
AÑOS	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	72/83
P mm.	125,7	17,5	100,8	18,3	18,4	28,9	19,1	12,6	44,9	183,0	111,0	57,5	61,47
P frec.	10	9	10	4	6	5	2	8	10	15	7	8	7,8
Baja	55,72	70,04	58,02	63,31	70,89	75,99	46,65	55,11	64,48	60,89	66,94	53,17	58,92
A Alta	0,60	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,30	0,00	0,01	0,00	3,03	0,39
Total	56,33	70,05	58,02	63,31	70,89	75,99	47,25	55,41	64,48	60,90	66,94	56,20	59,31
Baja	5,06	5,64	7,84	7,08	5,87	4,23	2,59	5,39	2,32	5,99	5,30	4,81	5,29
B Alta	12,57	6,83	7,22	13,82	5,51	6,48	12,24	8,47	8,53	11,89	6,65	10,66	8,97
Total	17,63	12,48	15,07	20,91	11,38	10,71	14,83	13,81	10,86	17,89	11,96	15,48	14,26
Baja	7,04	3,10	3,71	1,44	0,96	1,22	4,53	6,00	3,07	5,37	3,65	1,93	3,68
C Alta	1,79	3,04	4,32	2,39	3,74	0,88	2,81	2,28	1,83	1,53	0,96	2,19	1,91
Total	8,83	6,14	8,04	3,83	4,70	2,10	7,35	8,28	4,90	6,90	4,62	4,13	5,59
Baja	3,02	3,52		2,20	1,55	1,33	7,38	4,87	3,87	2,93	4,32	5,69	3,52
D Alta	2,50	1,32		3,19	1,36	1,71	4,13	2,46	3,82	2,48	3,35	1,25	2,69
Total	5,52	4,85		5,39	2,91	3,04	11,52	7,34	7,70	5,42	7,63	6,95	6,21
Baja	1,96		1,97			1,77	2,08	1,76	1,70			2,70	1,65
E Alta	2,03		1,65			1,89	2,86	3,19	2,49			5,26	1,79
Total	4,00		3,63			3,67	4,95	4,96	4,20			7,96	3,44
M O D E L O S													

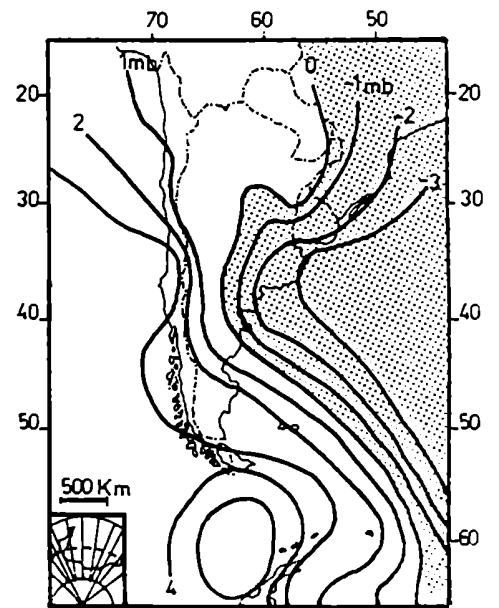
Tabla 7b: Frecuencia (frec.) y cantidad de precipitación (pp) para el mes de mayo y varianzas explicadas por los primeros modelos, (bajas presiones en las áreas sombreadas de las figuras 14a a e) y sus inversos (altas presiones en las áreas sombreadas).

Figura 19: Anomalías de la presión de superficie para el mes de mayo (el área sombreada corresponde a anomalías negativas).

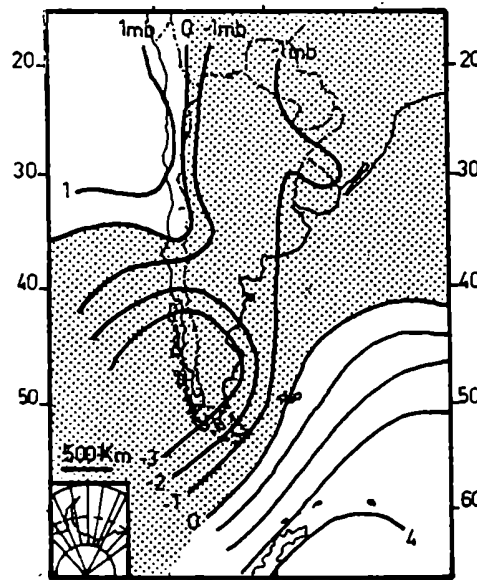




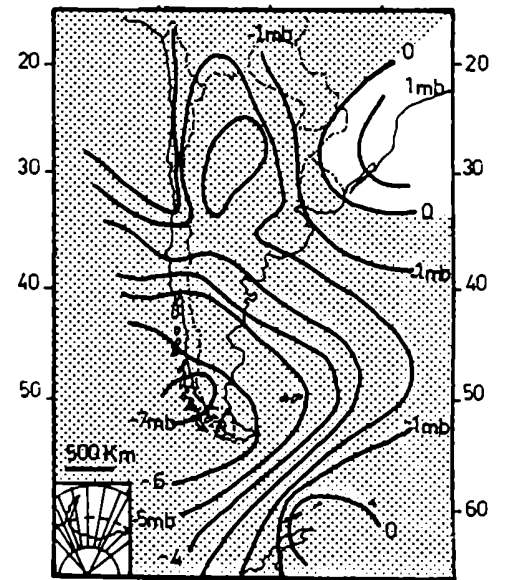
G) 1978



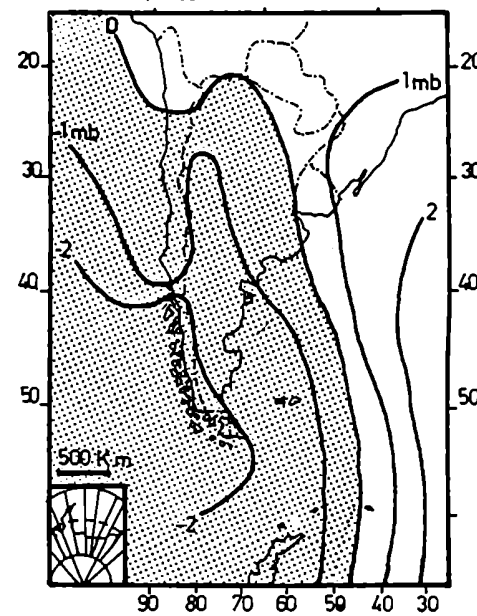
H) 1979



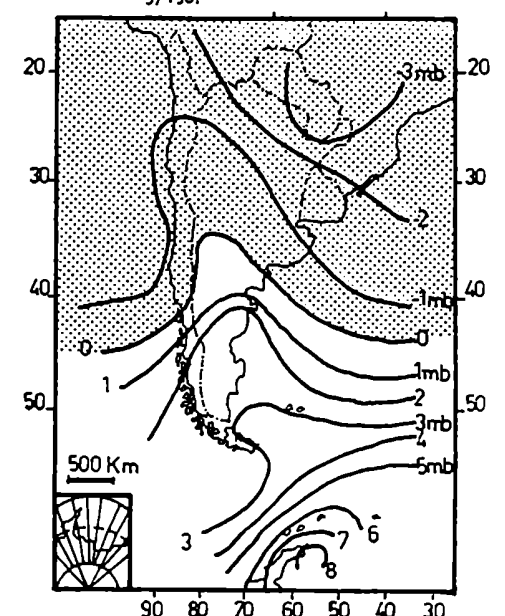
I) 1980



J) 1981



K) 1982



M) 1983

3.4.3.1._ Mayo:

Año 1972:

-Frecuencia de días y cantidad de precipitación superiores a los valores medios del período total.

-Anomalía negativa del campo de presión generalizada sobre toda el área de estudio.

-Índice de circulación similar al del período total.

-Levemente menor que en el período total el porcentaje de varianza explicado por el modelo A.

-Mayor que en el período total, el porcentaje de varianza del modelo B para Altas presiones .

-El doble de varianza explicada en el caso del modelo C para Bajas

-Inferencia: Mayor frecuencia que la media, de pasajes frontales.

Año 1973:

-Frecuencia de días con pp. mayor que la media y cantidad de pp. menor que la media.

-Anomalia positiva al norte de 45°S y negativa al sur.

-Índice de circulación superior al medio.

-Aumento respecto al período total, el porcentaje del modelo A.

-Menor al medio el porcentaje del modelo B para Altas

presiones.

Año 1974:

- Superior a la media la cantidad y frecuencia de precipitación.

- Menor el índice de circulación.

- Igual el porcentaje del modelo A.

- Mayor el porcentaje del modelo B para Bajas, esto no coincide con el campo de anomalías.

- Mayor el porcentaje del modelo C para Altas, coincidente con el campo de anomalías.

- Inferencia: la observación de los campos diarios de presión confirma una frecuencia alta de situaciones con alta presión al sur de 45°S coincidente con la anomalía positiva y la mayor frecuencia del modelo C para Altas.

Año 1975:

- Precipitación mínima y baja frecuencia de días con pp.

- Anomalía positiva en casi la totalidad de área.

- Índice de circulación igual al medio.

- Mayor porcentaje del modelo A.

- Aumento de los porcentajes de varianza de los modelos B y C para Altas presiones y disminución del porcentaje del modelo C para bajas.

- Mayor que el medio el porcentaje del modelo D para Altas.

- Inferencia: menor frecuencia de pasajes frontales.

Año 1976:

-Cantidad de precipitación y frecuencia menores que los valores medios.

-Anomalía positiva al norte de 50°S y negativa al sur.

-Mayor índice de circulación que el medio.

-Porcentaje de varianza explicado por el modelo A mayor que en el período total.

-Aumento del modelo C para altas y disminución para Bajas.

-Inferencia: Disminución de la frecuencia de pasajes frontales.

Año 1977:

-Precipitación y frecuencia inferiores a la media.

-Anomalía positiva al norte de 50°S.

-Aumento del índice de circulación.

-Mayor el porcentaje de varianza explicado por el modelo A.

-Disminución del porcentaje de varianza del modelo C para bajas.

-Los modelos B y D para Bajas tienen menores porcentajes de varianza.

-Inferencia: menor frecuencia de pasajes frontales.

Año 1978:

-Precipitación y frecuencia inferiores a la media.

-Anomalía positiva generalizada en toda el área, con centro entre las islas Malvinas y Orcadas.

-Menor índice de circulación que el medio.

-Bajo porcentaje de varianza explicado por el modelo A.

-Mayor porcentaje del modelo B para Altas y del modelo D

para Bajas, ambas situaciones aportan a la anomalía positiva del sur de la Patagonia.

-Estas condiciones son similares a las del año 1974 para el cual se tuvieron valores de precipitación y frecuencia superiores a los medios. Mientras que en 1974 se tiene un porcentaje de varianza explicado por el modelo B para Bajas superior al normal, en 1978 se tiene un valor menor que el normal. Esta diferencia entre ambos años puede ser la responsable de la diferencia en la precipitación.

Año 1979:

-Precipitación inferior a la media y frecuencia de días con precipitación superior a la media.

-Anomalía positiva en todo el sector oeste del área.

-Leve disminución del índice.

-Menor el porcentaje de varianza explicado por el modelo A.

-Aumento del porcentaje de varianza del modelo C para Bajas, coincidente con la anomalía negativa del sector este del área.

-Inferencia: mayor frecuencia de pasajes frontales, aunque no produjeron precipitaciones sobre lo normal, simplemente una mayor frecuencia de días con precipitación.

Año 1980:

-Alta frecuencia de días con precipitación pero totales inferiores a los valores medios.

-Anomalía negativa sobre el área continental, centrada en el sector sur de la Patagonia.

-Leve aumento del índice de circulación.

-Aumento del porcentaje de varianza del modelo A.

Año 1981:

-Corresponde al mayor valor de precipitación de la serie y a un alto porcentaje de frecuencia de días con pp.

-Anomalía negativa centrada en el sur de la Patagonia, de gran intensidad y abarca toda el área de estudio.

-Aumento del índice de circulación.

-Aumento del porcentaje de varianza del modelo A.

-Aumento de la varianza explicada por el modelo B en el caso de Altas.

-Mayor porcentaje de varianza del modelo B y sobre todo del modelo C para Bajas.

-Inferencia: Aumento de la frecuencia de pasajes frontales.

Año 1982:

-Precipitación sobre la media y frecuencia normal.

-Anomalía negativa en el sector oeste del área.

-Índice de circulación similar al medio.

-Aumento del porcentaje de varianza del modelo A.

-Porcentaje de varianza igual al medio en el caso de los modelos B S C para Bajas.

-Inferencia: igual frecuencia de pasajes frontales acorde a que la frecuencia de días con precipitación es similar a la media.

Año 1983:

-Precipitación inferior a la media y frecuencia superior a

la media.

- Anomalía positiva al sur de 40°S y negativa al norte.

- Disminución del porcentaje de varianza del modelo A.

- Disminución de los porcentajes de varianza explicados por los modelos B y C para Bajas.

- Aumento del porcentaje del modelo B para Altas, esto justifica la anomalía positiva al sur de 40°S.

Resultados del análisis del mes de Mayo para el período 1972 a 1983:

Los años con anomalías positivas en la mitad oeste del área de estudio y al norte de 40°S, que son 1973, 1974, 1975, 1976, 1977, 1978 y 1979, con la excepción de 1974 son años con precipitación menor que el valor medio.

A su vez, los años con anomalías negativas al oeste y al norte de 40°S, que son 1972, 1981 y 1982, tienen valores de precipitación superiores al medio. Los años 1980 y 1983, que también cumplen con esta característica, tienen valores de precipitación no muy diferentes del valor medio.

Un aumento del índice de circulación zonal implica en la mayoría de los casos un aumento del porcentaje de varianza explicado por el modelo A y viceversa.

Los valores de correlación lineal, tabla(11 y 12), señalarían que no existe relación significativa entre cada uno de los modelos y la cantidad ó frecuencia de días con precipitación,

sin embargo los años con valores máximos de precipitación, - 1972, 1974, 1981 y 1982-, tienen valores de porcentaje de varianza superiores a los medios en el caso de los modelos B ó C para Bajos, que podrían indicar mayor frecuencia de pasajes de frentes. Lo contrario no es válido, años con un alto porcentaje de varianza explicado por estos casos, como es 1979, tienen valores mínimos de precipitación.

Según el test de Fisher (W.M.O.,1966) no existe relación significativamente distinta de cero entre alguno de los primeros cuatro modelos, ó sus inversos, y la cantidad ó frecuencia de precipitación en el mes de Mayo.

3.4.3.2._ Junio:

Año 1972:

-Frecuencia y cantidad de precipitación sobre los valores medios.

-Anomalía negativa al norte de 40°S y positiva en el sector sur de Patagonia.

-Índice de circulación inferior al medio.

-Porcentaje de varianza del modelo A igual al del período total.

-Aumento del porcentaje de varianza del modelo B tanto para Altas como para el caso de Bajas presiones.

Año 1973:

-Cantidad de precipitación y frecuencia inferior a la media.

-Anomalía negativa sobre Argentina y positiva sobre Chile.

-Índice levemente inferior al medio.

-Porcentaje de varianza explicado por el modelo A algo inferior al medio.

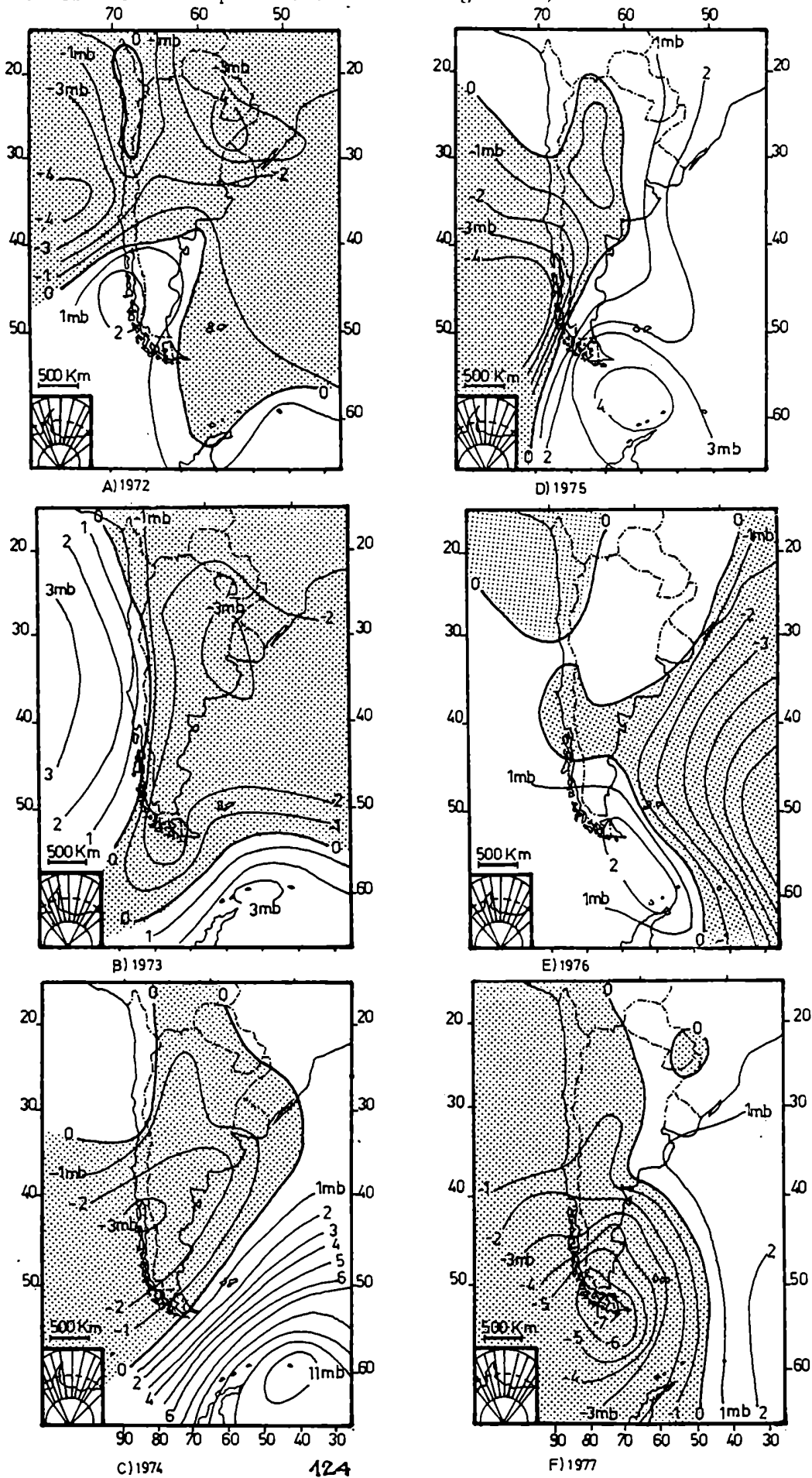
-Aumento del porcentaje de varianza del modelo C para el caso con Bajas presiones.

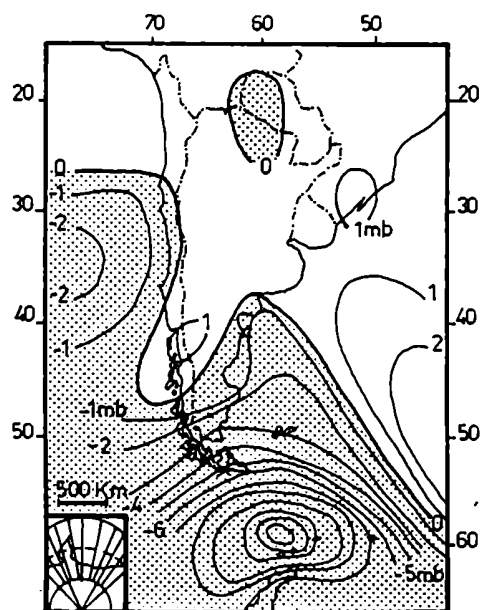
-Disminución del porcentaje de varianza del modelo B para Altas.

Año 1974:

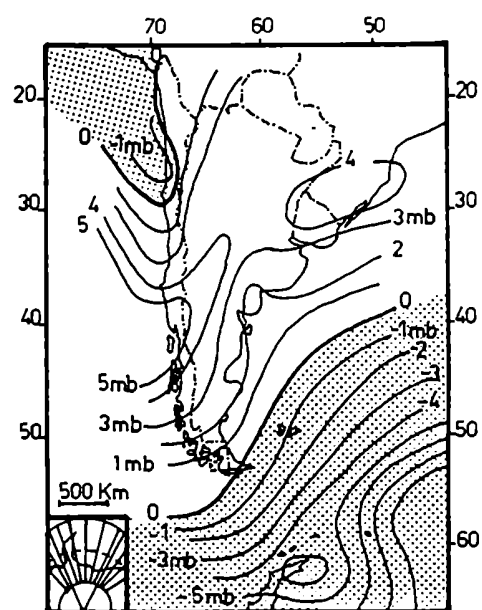
-Valor máximo de precipitación y frecuencia.

Figura 20: Anomalías de la presión de superficie para el mes de junio (el área sombreada corresponde a anomalías negativas).

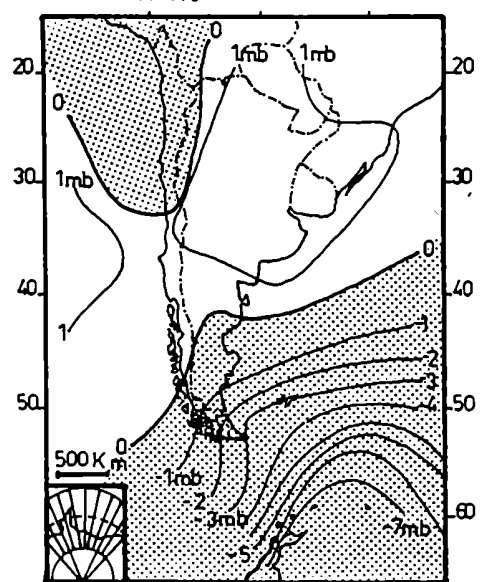




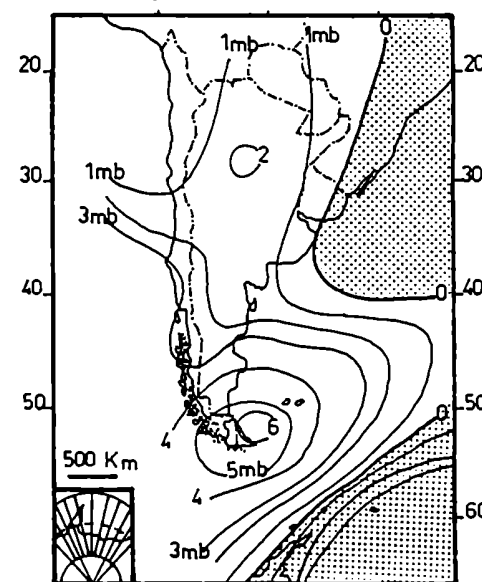
A) 1978



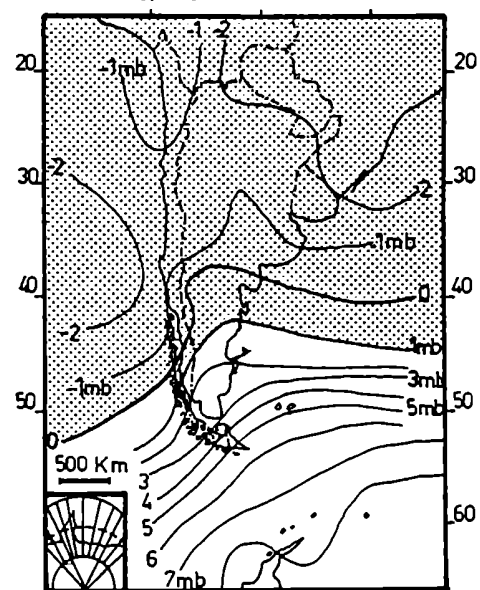
B) 1979



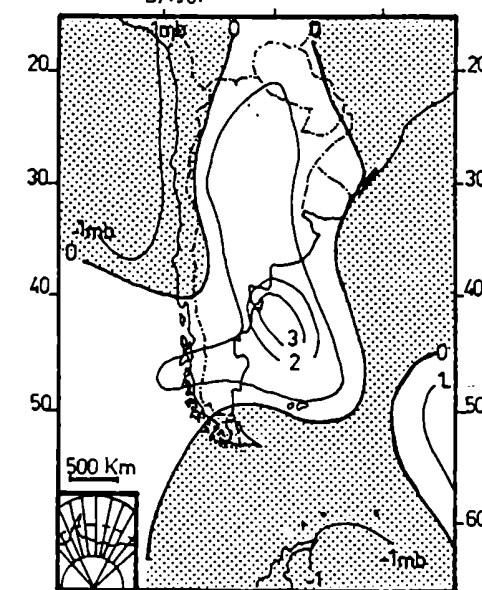
C) 1980



D) 1981



E) 1982



F) 1983

JUNIO								
CPs	1972		1973		1974		1975	
	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.
1	A	57,14	A	56,78	A	52,49	A	55,19
2	B	19,06	B	12,30	B	19,09	B	21,13
3	E	6,91	C	9,66	C	8,28	C	10,40
4	C	5,52	D	6,19	E	4,89	D	3,60
5	D	3,99	F	4,47	D	4,58	E	2,56
6		1,44		2,94		2,72		1,82
7		1,09		1,94		1,70		1,46
8		0,96		1,66		1,17		0,80
	1976		1977		1978		1979	
CPs	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.
1	A	57,93	A	68,80	A	69,19	A	72,64
2	B	19,66	B	14,90	B	13,30	B	11,20
3	D	7,22	D	5,33	C	5,67	C	4,71
4	C	4,71	E	2,94	D	4,70	D	3,83
5		3,27	C	2,71	E	2,18	E	3,15
6		1,96		1,66	G	1,26		1,29
7		1,52		0,94		0,96		0,75
8		0,72		0,54		0,70		0,61
	1980		1981		1982		1983	
CPs	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.
1	A	64,38	A	56,87	A	44,14	A	62,32
2	B	16,29	B	13,13	B	22,77	B	17,18
3	D	5,78	D	8,19	C	10,02	D	5,73
4	C	4,10	C	7,40	D	6,52	C	3,96
5	E	3,10	E	4,00	F	4,95	F	3,76
6		2,39		2,85	E	3,56		1,98
7		1,13		1,96		2,02		0,93
8		0,82		1,51		1,58		0,83

Tabla 8a: Porcentaje de varianza explicada por las primeras ocho componentes y los modelos respectivos para el mes de junio del período 1972 a 1983.

JUNIO													
AÑOS	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	72/83
P mm.	166,2	32,1	228,1	2,2	51,9	123,1	54,5	0,7	60,3	20,0	275,0	103,0	93,13
P frec.	15	3	12	3	8	10	8	1	7	5	18	10	8,33
Bajas	57,13	56,75	52,48	55,19	57,88	68,79	69,18	72,64	64,38	56,87	43,80	62,32	57,11
A Altas	0,00	0,03	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,00	0,02
Total	57,13	56,78	52,48	55,19	57,92	68,79	69,18	72,64	64,38	56,86	44,14	62,32	57,13
Bajas	8,25	5,22	10,00	12,54	7,26	3,72	6,99	3,26	6,80	4,75	3,32	6,56	6,81
B Altas	10,80	7,08	9,08	8,58	12,39	11,17	6,30	7,93	9,48	8,37	19,44	10,61	9,41
Total	19,06	12,30	19,09	21,12	19,65	14,90	13,29	11,19	16,29	13,13	22,76	17,17	16,23
Bajas	3,30	7,87	4,60	5,08	2,30	1,62	4,50	2,76	2,27	3,13	8,18	1,97	3,88
C Altas	2,21	1,79	3,67	5,32	2,40	1,08	1,16	1,94	1,82	4,27	1,84	1,98	2,63
Total	5,52	9,66	8,28	10,40	4,71	2,70	5,67	4,70	4,09	7,40	10,02	3,95	6,51
Bajas	2,43	3,91	2,31	1,82	3,94	2,59	3,42	2,07	4,77	5,67	4,56	3,94	3,23
D Altas	1,55	2,28	2,27	1,76	3,28	2,73	1,28	1,74	1,00	2,50	1,94	1,77	1,83
Total	3,98	6,19	4,58	3,59	7,22	5,32	4,70	3,82	5,78	8,19	6,51	5,72	5,06
Baja	4,86		2,11	1,29		1,35	0,87	1,97	1,32	2,03	1,77		1,84
E Altas	2,04		2,77	1,26		1,58	1,31	1,18	1,77	1,97	1,57		2,01
Total	6,90		4,88	2,56		2,94	2,18	3,15	3,10	4,00	3,35		3,86
M O D E L O S													

Tabla 8b: Frecuencia (frec.) y cantidad de precipitación (PP) para el mes de junio y varianzas explicadas por los primeros modelos (bajas presiones en las áreas sombreadas figuras 14a a e) y sus inversos (altas presiones en las áreas sombreadas).

-Anomalía negativa sobre el área continental y positiva sobre la Antártida.

-Levemente menor el índice de circulación.

-Disminución leve del porcentaje de varianza explicado por el modelo A.

-Aumento del porcentaje de varianza al doble para el modelo B en el caso de Bajas, y del modelo C para bajas.

-Inferencia: aumento de frecuencia de pasajes frontales.

Año 1975:

-Precipitación y frecuencia mínimas.

-Anomalía negativa sobre los sectores central y oeste del área continental y positiva sobre el sur de Patagonia y Antártida.

-Menor índice de circulación que el medio.

-Disminución del porcentaje de varianza del modelo A.

-Aumento al doble el porcentaje de varianza del modelo B para Bajas y disminución para el caso de Altas.

-Aumento del porcentaje de varianza del modelo C para Bajas.

-Inferencia: Aumento de la frecuencia de pasajes de frentes.

Año 1976:

-Frecuencia y cantidad de precipitación inferiores a los medios.

-Anomalía positiva de poca intensidad, extendida a toda el área continental y negativa sobre el sector sud-este del área.

-Índice levemente inferior al medio.

-Porcentaje de varianza explicado por el modelo A levemente superior al medio.

-Aumento del porcentaje de varianza explicado por el modelo B para Altas y disminución del Modelo C para Bajas.

Año 1977:

-Cantidad y frecuencia de la precipitación sobre la media.

-Extensa anomalía negativa en el centro y oeste del área, con centro sobre Tierra del Fuego.

-Índice de circulación superior al medio.

-Aumento del porcentaje de varianza del modelo B para Altas.

-Disminución en el caso de los modelos B y C para Bajas.

-Inferencia: menor frecuencia de pasajes frontales.

Año 1978:

-Cantidad y frecuencia de precipitación levemente inferiores a los medios.

-Anomalía positiva al norte de 45°S y negativa al sur.

-Índice de circulación superior al medio.

-Porcentaje de varianza explicados por los modelos B y C para Bajas levemente superiores a los medios.

-Porcentaje del modelo B para Altas inferior al medio.

Año 1979:

-Valores mínimos de precipitación y frecuencia.

-Anomalía positiva en toda el área continental y negativa sobre la Antártida.

-Índice de circulación superior al medio.

-Considerable aumento del porcentaje de varianza explicado por el modelo A.

-Disminución de los modelos B, C y D para el caso de Bajas.

-Disminución del modelo B para Altas.

-Inferencia: menor frecuencia de pasajes frontales.

Año 1980:

-Frecuencia y cantidad de precipitación algo inferior a la media.

-Anomalía positiva en la zona continental y negativa al sur del paralelo 45°S.

-Índice de circulación superior al medio.

-Porcentaje de varianza del modelo A mayor que el medio.

-Menor porcentaje del modelo C para Bajas y del modelo D para bajas.

Año 1981:

-Valor de precipitación bajo y de frecuencia inferior al medio.

-Anomalía positiva centrada en Tierra del Fuego que afecta a toda el área.

-Índice de circulación inferior al medio.

-El porcentaje de varianza explicado por el modelo A es el valor mínimo.

-La varianza explicada por el modelo B para altas es del doble.

-Aumento de la varianza explicada por el modelo D para Bajas

presiones.

Año 1982:

- Valor máximo de precipitación y frecuencia.

- Anomalía negativa al norte de 40°S y positiva al sur.

- Bajo índice de circulación.

- Porcentaje de varianza explicado por el modelo A tiene el valor mínimo.

- Aumento de la varianza explicada por el modelo B para Altas presiones a más del doble, y del modelo C para Bajas presiones.

- Superior al medio el porcentaje de varianza del modelo D para Bajas presiones.

Inferencia: aumento de frecuencia de pasajes frontales.

Año 1983:

- Valor de frecuencia y cantidad de precipitación similares al medio.

- Anomalía positiva sobre Argentina y el sector sur de Chile.

- Índice de circulación levemente mayor que el medio.

- Aumento de la varianza explicada por el modelo A .

- Aumento del porcentaje de varianza del modelo B para Altas y disminución en el caso del modelo C para Bajas.

Resultados del análisis de los campos de presión de superficie del mes de Junio para los años 1972 a 1983:

Los campos de anomalías no parecen estar relacionados con la

precipitación, un ejemplo son los años 1974 y 1975 que tienen anomalías similares y mientras en 1974 los valores de precipitación y frecuencia son superiores a los valores medios de período total, en 1975 estos valores son mínimos. Otro ejemplo son los años 1972 y 1982, ambos tienen valores máximos de cantidad de precipitación y frecuencia y los respectivos campos de anomalías son opuestos, mientras que en 1972 hay anomalías negativas al norte de 40°S y positivas al sur, en oposición para 1982 al norte de 40°S las anomalías son positivas.

Por otra parte, existe una relación lineal significativamente no nula entre el porcentaje de varianza explicado por el modelo A y la frecuencia y cantidad de precipitación. Un campo de presión muy perturbado implica que es menor el porcentaje de varianza que explica el modelo A y a su vez que es mayor la cantidad y frecuencia de precipitación.

La perturbación que aparece como directamente relacionada con la precipitación es la del modelo B en el caso de Altas presiones ó sea la situación de altas presiones frías que involucran una irrupción de aire polar sobre el continente.

No se observa relación significativa entre el aumento o disminución de pasajes frontales, representados por los modelos B, C ó D en los casos de Bajas presiones, y el aumento ó disminución de la precipitación, ejemplos extremos son el año 1974 con máximos valores de precipitación y frecuencia y considerablemente mayor varianza explicada por los modelos B y C para bajas y el año 1975 que en las mismas condiciones respecto a la varianza explicada por esos modelos presenta valores mínimos de precipitación y frecuencia.

3.4.3.3._ Julio:

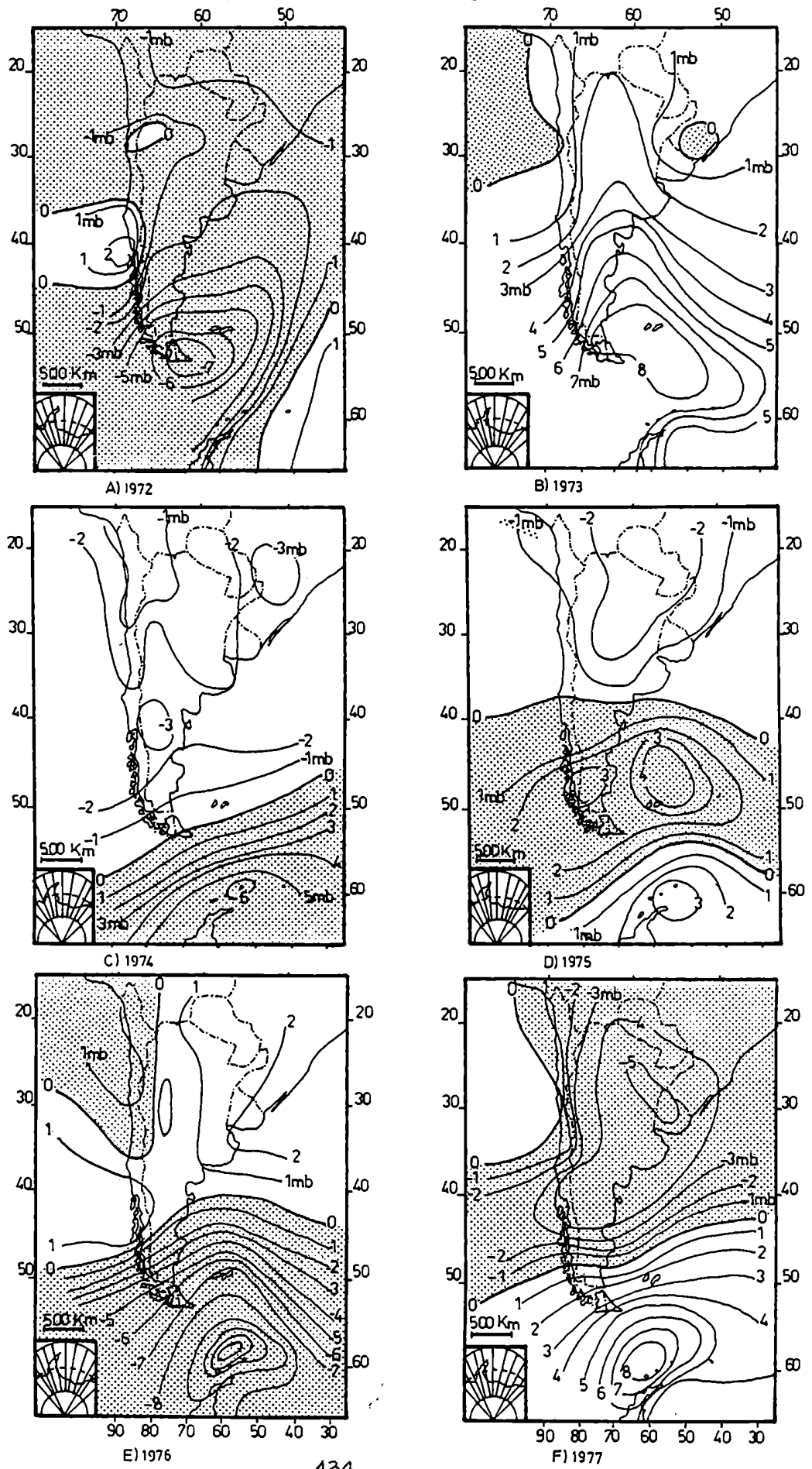
Año 1972:

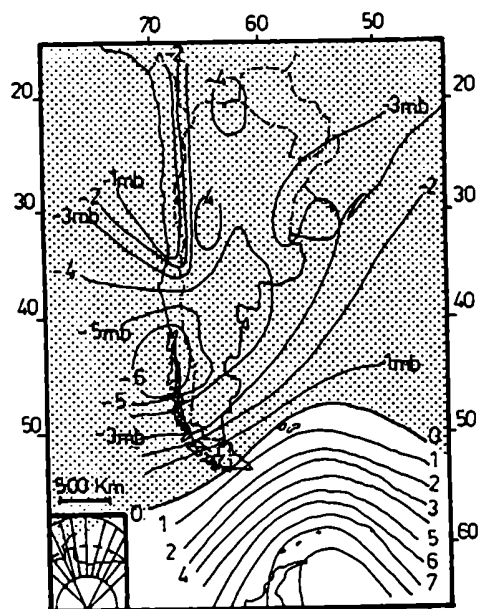
- Cantidad y frecuencia de precipitación inferiores a los valores medios.
- Anomalía negativa centrada en Tierra del Fuego que afecta a casi toda el área.
- Índice de circulación superior al medio.
- Aumento del porcentaje de varianza explicado por el modelo A.
- Disminución de la varianza explicada por los modelos B y C para Bajas presiones.
- Inferencia:Disminución de la frecuencia de pasajes frontales.

Año 1973:

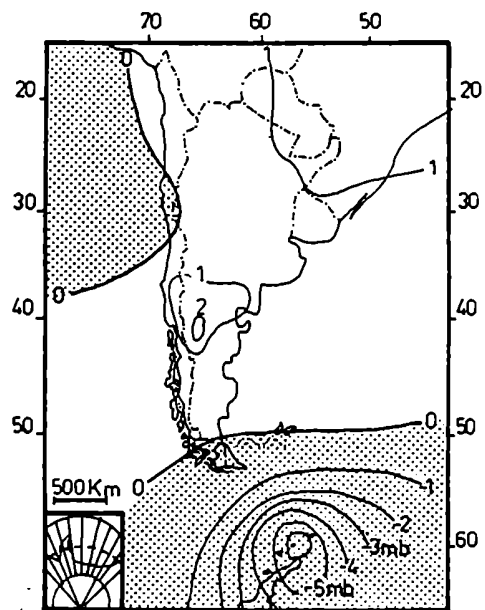
- Frecuencia de días con precipitación sobre la media y cantidad debajo de la media.
- Anomalía positiva centrada en Tierra del Fuego.
- Índice de circulación menor que el medio.
- Disminución de la varianza explicada por el modelo A.
- Aumento a más del doble del porcentaje de varianza del modelo B para Altas y disminución en el caso de Bajas.
- Inferencia: disminución de la frecuencia de pasajes frontales.

Figura 21: Anomalías de la presión de superficie para el mes de julio (el área sombreada corresponde a anomalías negativas).

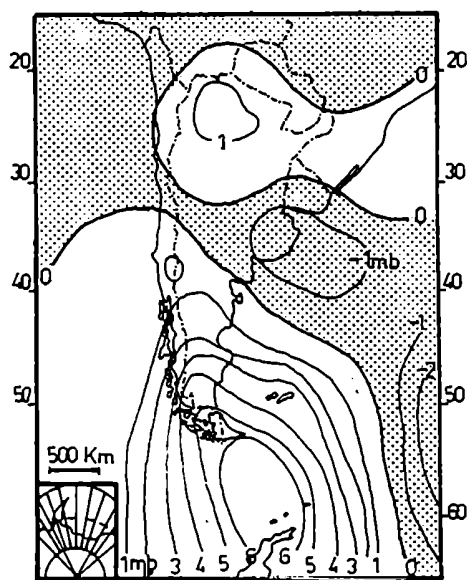




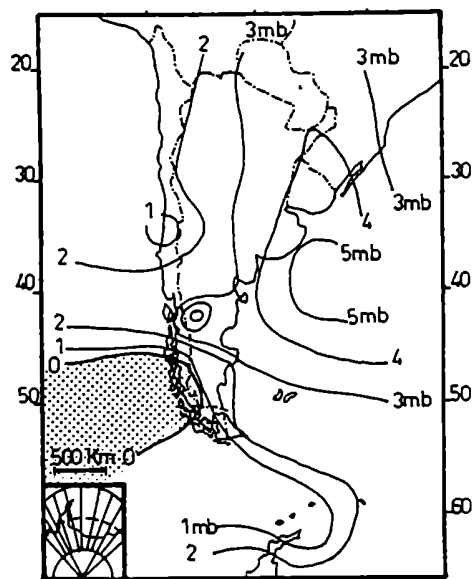
G) 1978



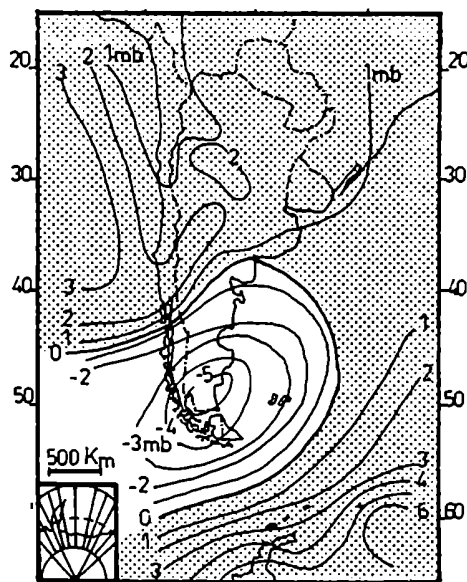
H) 1979



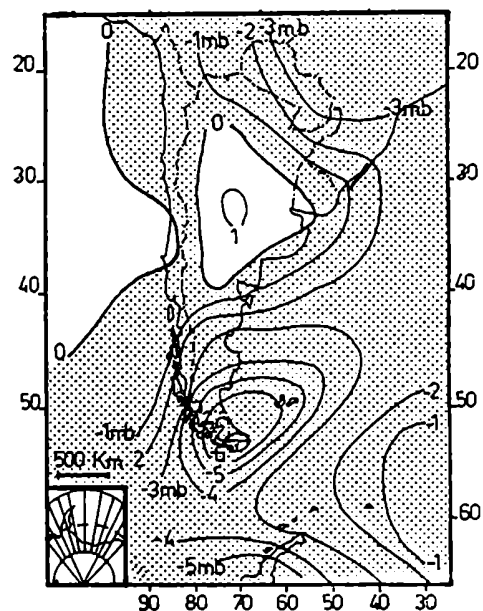
I) 1980



J) 1981



K) 1982



M) 1983

JULIO								
CPs	1972		1973		1974		1975	
	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.
1	A	67,16	A	49,57	A	72,22	A	63,55
2	B	12,50	B	22,29	B	11,66	B	16,45
3	C	5,69	C	7,89	C	4,86	C	8,71
4	E	3,65	D	5,83	E	4,07	D	3,09
5	D	3,33	E	4,20	G	2,10	F	2,51
6		2,51		2,68		1,53		1,71
7		1,46		2,03		0,93		0,93
8		0,82		1,09		0,66		0,65
CPs	1976		1977		1978		1979	
	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.
1	A	75,14	A	39,83	A	43,42	A	61,72
2	B	12,42	B	20,09	B	26,25	B	17,03
3	C	4,75	C	13,32	D	9,54	D	6,23
4	D	2,63	D	8,07	C	6,11	C	5,02
5		1,29	E	5,45	E	3,43	F	2,84
6		0,89		3,89		2,38		2,04
7		0,62		3,19		2,27		1,30
8		0,49		1,34		1,44		0,99
CPs	1980		1981		1982		1983	
	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.
1	A	48,24	A	61,93	A	61,42	A	68,40
2	C	14,44	B	14,94	B	16,40	B	15,61
3	B	11,12	C	7,31	D	7,16	C	6,93
4	D	9,52	D	5,40	C	5,56	F	2,44
5	F	4,97		2,91	G	2,13		1,63
6		4,08		1,88		2,04		1,19
7		1,88		1,74		1,42		0,94
8		1,15		1,04		0,79		0,48

Tabla 9a: Porcentaje de varianza explicada por las primeras ocho componentes y los modelos respectivos para el mes de julio del período 1972 a 1983.

JULIO													
AÑOS	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	72/83
P mm.	52,6	77,2	35,3	111,4	6,5	121,4	222,4	91,9	63,9	30,0	102,9	89,8	83,76
P frec.	5	12	5	8	3	13	18	6	10	7	16	9	9,33
Baja	67,15	46,27	72,21	63,55	75,13	38,21	41,87	61,71	47,64	61,92	61,41	68,39	56,26
A Alta	0,00	3,29	0,00	0,00	0,00	7,67	1,54	0,00	0,58	0,07	0,07	0,00	0,56
Total	67,15	49,56	72,21	63,55	75,13	39,82	43,41	61,71	48,23	61,93	61,42	68,39	56,82
Baja	4,94	2,09	2,81	5,84	3,75	18,88	19,63	8,57	6,28	5,24	11,25	7,12	7,65
B Alta	7,55	20,19	8,84	10,60	8,66	7,20	6,60	8,45	4,83	9,69	5,13	8,47	8,13
Total	12,49	22,28	11,66	16,44	12,41	20,09	26,24	17,03	11,11	14,94	16,39	15,60	15,78
Baja	2,76	4,25	2,60	5,76	1,98	10,70	4,67	1,96	10,00	5,50	3,82	5,25	4,77
C Alta	2,92	3,63	2,25	2,94	2,75	2,60	1,44	3,05	4,43	1,80	1,74	1,67	2,62
Total	5,69	7,89	4,86	8,70	4,74	13,31	6,11	5,01	14,44	7,31	5,56	6,93	7,39
Baja	1,81	3,34		1,09	1,29	4,21	6,76	4,53	7,71	3,71	4,65		3,95
D Alta	1,51	2,48		1,99	1,33	3,85	2,77	1,69	1,80	1,67	2,50		1,50
Total	3,32	5,83		3,08	2,62	8,06	9,54	6,23	9,51	5,39	7,15		5,45
Baja	1,92	1,42	2,00			1,67	1,39						1,39
E Alta	1,72	2,76	2,06			3,77	2,03						1,87
Total	3,64	4,19	4,07			5,45	3,43						3,26
M O D E L O S													

Tabla 9b: Frecuencia (frec.) y cantidad de precipitación (PP) para el mes de julio y varianzas explicadas por los primeros modelos (bajas presiones en las áreas sombreadas figuras 14a a e) y sus inversos (altas presiones en las áreas sombreadas).

Año 1974:

- Bajos valores de frecuencia y precipitación.
- Anomalía positiva al norte de 50°S.
- Índice de circulación levemente superior al medio.
- Aumento de la varianza explicada por el modelo A.
- Bajos valores de varianza explicada en los casos de los modelos B y C para Bajas presiones.
- Inferencia: Disminución de pasajes frontales.

Año 1975:

- Cantidad de precipitación sobre la media y frecuencia bajo la media.
- Anomalía negativa entre 40°S y 50°S.
- Índice de circulación superior al medio.
- Porcentaje de varianza del modelo A mayor que el medio.
- Aumento de la varianza del modelo B para Altas.
- Disminución de la varianza del modelo B para Bajas y aumento del modelo C para Bajas.

Año 1976:

- Mínimo de cantidad de precipitación y frecuencia.
- Anomalía negativa al sur de 45°S y positiva al norte.
- Importante aumento del índice de circulación.
- Importante aumento del porcentaje de varianza del modelo A.
- Disminución de la varianza explicada por los modelos B y C para Bajas.
- Inferencia: Disminución de la frecuencia de pasajes frontales.

Año 1977:

- Valores de precipitación y frecuencia sobre los medios.
- Anomalía negativa al norte de 45°S y positiva al sur.
- Disminución fuerte del índice.
- Porcentaje de varianza explicado por el modelo A muy bajo.
- Mínimo valor de la varianza explicada por el modelo B para altas.
- Aumento del porcentaje de varianza a más del doble en los casos de los modelos B y C para Bajas presiones.
- Inferencia :Considerable aumento de la frecuencia de pasajes de frentes.

Año 1978:

- Valores de precipitación y frecuencia máximos.
- Anomalía negativa al norte de 50°S y positiva al sur.
- Índice de circulación inferior al medio.
- Varianza explicada por el modelo A inferior a la media.
- Menor que la media la varianza del modelo B para Altas.
- Varianza explicada por el modelo B para Bajas superior al doble del valor medio.
- Inferencia: aumento de la frecuencia de pasajes frontales.

Año 1979:

- Cantidad de precipitación sobre la media y frecuencia inferior al valor medio.
- Anomalía negativa al sur del área.
- Índice de circulación similar al medio.

-Varianza explicada por el modelo A superior a la media.

-Aumento de la varianza para los modelos B y D con Bajas presiones y disminución para el modelo C con Bajas.

Año 1980:

-Cantidad de precipitación bajo la media y frecuencia superior a la media.

-Anomalía positiva al sur de 40°S y en el norte de Argentina y negativa sobre Bs. As.

-Índice de circulación inferior al medio.

-Disminución de la varianza explicada por el modelo A.

-Disminución del porcentaje de varianza explicado por el modelo B para Altas presiones.

-Aumento a más del doble la varianza explicada por el modelo C para Bajas y del modelo D para Bajas.

-Inferencia: Aumento de la frecuencia de pasajes frontales.

Año 1981:

-Cantidad mínima de precipitación pero frecuencia similar a la media.

-Anomalía positiva generalizada.

-Índice de circulación superior al medio.

-Varianza explicada por el modelo A superior a la media.

-Disminución de la varianza explicada por el modelo B para Bajas.

Año 1982:

-Valores de frecuencia y precipitación sobre los medios.

- Índice de circulación inferior al medio.
- Disminución de la varianza del modelo B para Altas y aumento para Bajas.
- Aumento de la varianza del modelo D para Bajas.
- Inferencia: aumento de la frecuencia de pasajes frontales.

Año 1983:

- Precipitación y frecuencia similares al los valores medios.
- Anomalía negativa al sur de 40°S.
- Índice de circulación superior al medio.
- Varianza explicada por el modelo A superior a la media.
- Los porcentajes de varianza explicados por los otros modelos son similares a los medios.

Resultados del análisis de los campos de presión de superficie del mes de Julio para el período 1972 a 1983:

Los años con cantidad y frecuencia de precipitación sobre los valores medios, que son 1978, 1977 y 1982, tienen anomalías de presión negativas al norte de 40°S y positivas en el sector sur del área. Una excepción es el año 1975 que tiene una anomalía negativa entre 40°S y 50°S y la cantidad de precipitación caída es superior a la media, pero la frecuencia de días con precipitación inferior a la media.

A su vez los años de mínima precipitación y frecuencia, que son 1974, 1976 y 1981, tienen anomalías positivas al norte de 40°S y negativas al sur.

Existe una estrecha relación entre el aumento ó disminución del índice de circulación ,que coincide con anomalías positivas en el sector norte de 4025 del área y negativas al sur ó la situación inversa con anomalías negativas al norte, y el mayor ó menor porcentaje de varianza explicado por el modelo A. Complementariamente es significativamente no nula la relación lineal entre la varianza explicada por este modelo y la cantidad y frecuencia de la precipitación, tal que a mayores valores de precipitación le corresponden menores varianzas explicadas por el modelo A y viceversa.

La relación lineal entre los porcentajes de varianza explicados por cada modelo y las cantidades y frecuencias de precipitación, tablas 11 y 12 , muestran relación directa, significativamente no nula con los casos del modelo B para Bajas presiones, una situación que puede significar pasajes de frentes frios sobre el área continental y con el modelo D para Bajas presiones .

3.4.3.4._ Agosto:

Año 1972:

- Valor máximo de precipitación y frecuencia sobre la media.
- Anomalía negativa al norte de 40°S y positiva al sur.
- Índice de circulación muy bajo.

_Disminución del porcentaje de varianza explicado por el modelo A a casi la mitad del valor medio.

-Aumento de la varianza explicada por el Modelo B y C para Bajas.

-Aumento de la varianza del modelo B para Altas.

-Inferencia: aumento de la frecuencia de pasajes frontales.

Año 1973:

-Valor mínimo de precipitación y frecuencia.

-Anomalía positiva al norte de 40°S y negativa al sur.

-Índice de circulación superior al medio.

-Varianza explicada por el modelo A superior a la media.

-Varianzas explicadas por los modelos B , C y D para Bajas presiones , inferiores a los valores medios.

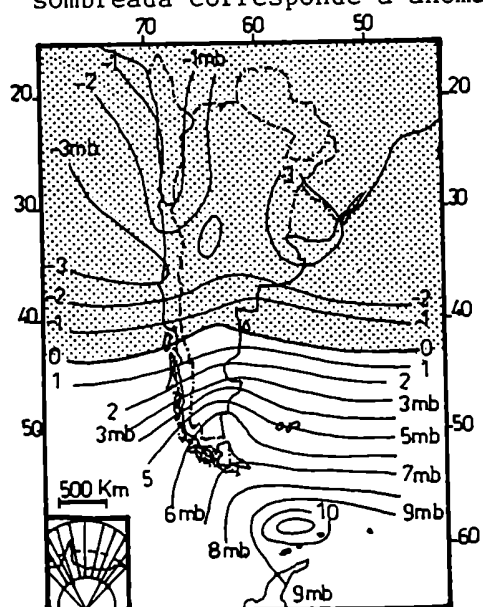
-Disminución de la varianza explicada por el modelo B para Altas.

-Inferencia: Disminución de la frecuencia de pasajes frontales.

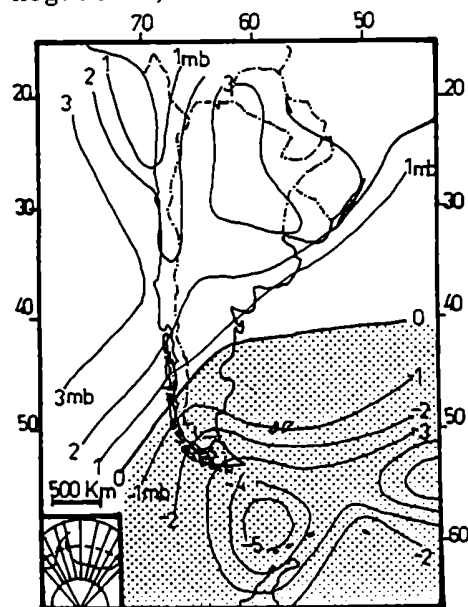
Año 1974:

-Valores de frecuencia y precipitación inferiores a los

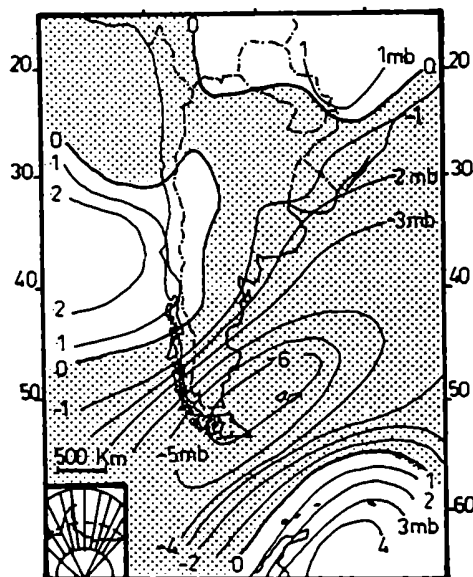
Figura 22: Anomalías de la presión de superficie para el mes de agosto (el área sombreada corresponde a anomalías negativas).



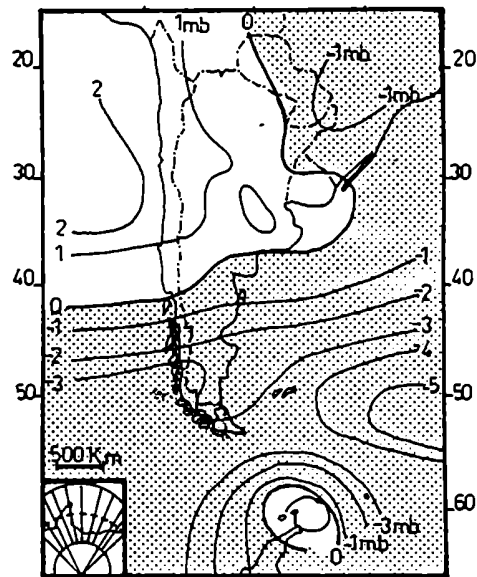
A) 1972



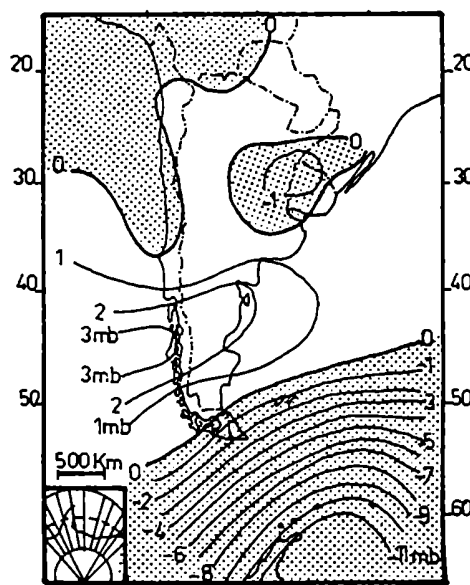
B) 1973



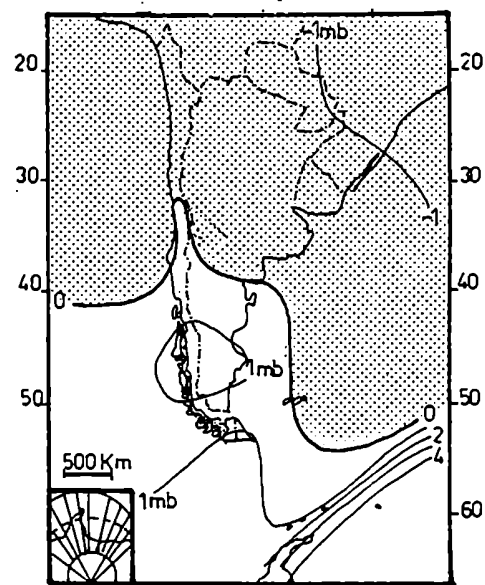
C) 1974



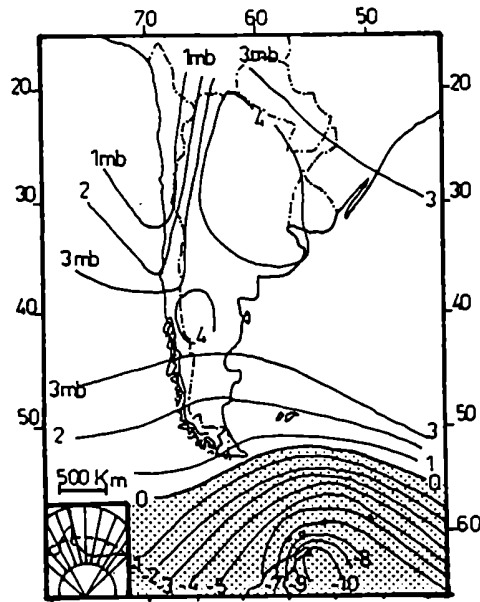
D) 1975



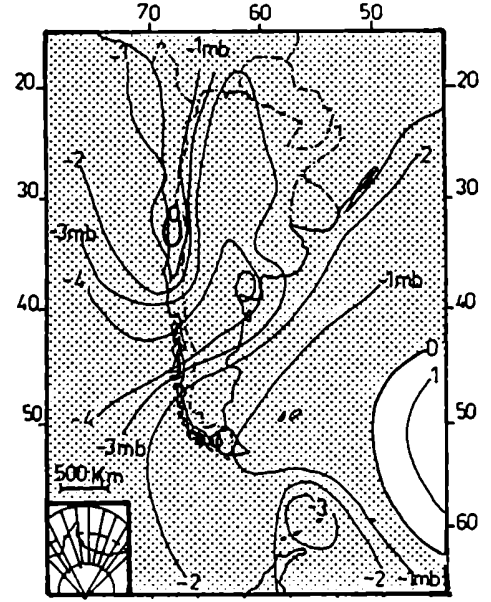
E) 1976



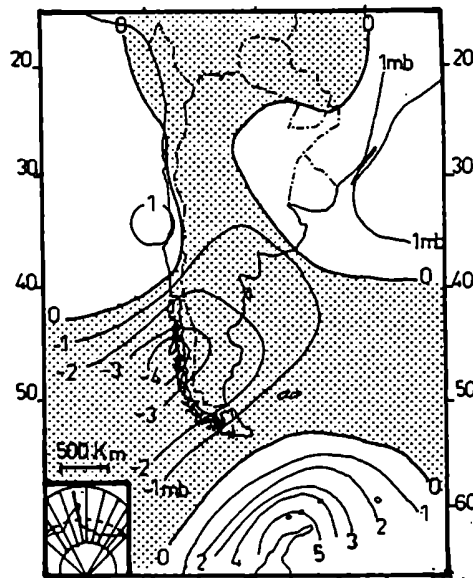
F) 1977



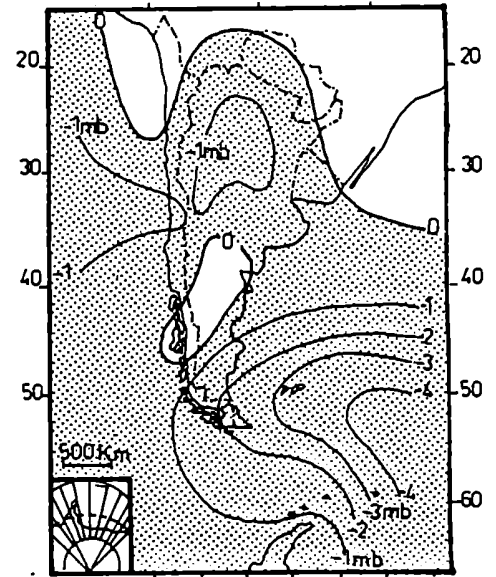
G) 1978



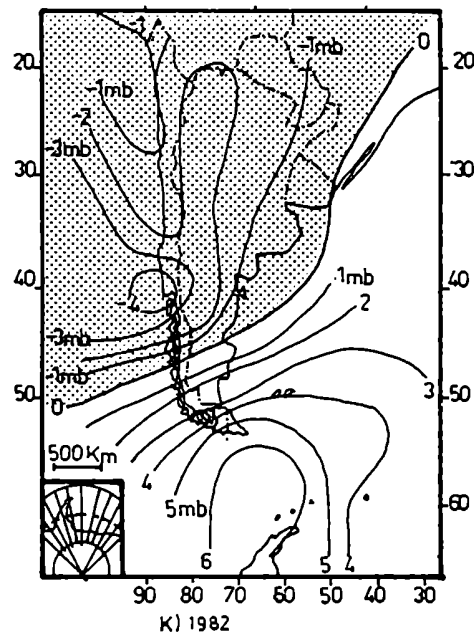
H) 1979



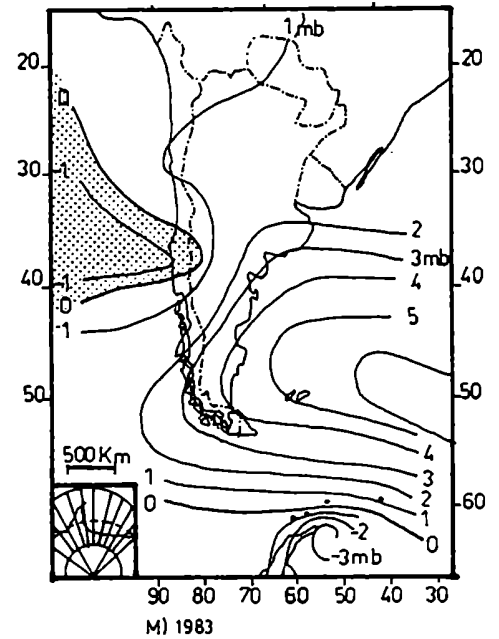
I) 1980



J) 1981



K) 1982



M) 1983

AGOSTO								
CPs	1972		1973		1974		1975	
	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.
1	A	37,15	A	75,70	A	68,61	A	69,03
2	B	22,37	B	9,03	B	11,79	B	14,26
3	C	11,43	E	4,28	D	6,32	C	5,57
4	D	9,47	C	3,60	C	4,17	D	3,66
5	F	6,45	D	1,95		2,66	G	2,27
6		3,26		1,46		1,53		1,48
7		2,67		0,94		1,30		0,88
8		1,54		0,78		0,87		0,56
CPs	1976		1977		1978		1979	
	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.
1	A	66,29	A	58,11	A	70,02	A	64,50
2	B	11,81	B	16,96	B	12,54	B	13,56
3	C	7,34	C	7,44	C	7,27	C	6,26
4	D	5,47	D	5,28	E	3,01	D	5,47
5	E	2,90	E	3,69	D	2,29	E	2,17
6		1,58		2,26		1,03		1,74
7		1,25		1,43		0,86		1,28
8		0,87		1,08		0,61		0,98
CPs	1980		1981		1982		1983	
	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.
1	A	61,25	A	69,51	A	52,62	A	56,81
2	C	10,79	B	12,16	B	17,52	B	22,19
3	B	9,73	C	5,56	D	11,84	C	9,00
4	D	7,34	E	4,27	C	7,29	D	3,79
5		3,30	D	2,49	F	3,02	E	2,17
6		2,57	F	1,46	E	2,40		1,42
7		1,41		1,02		1,06		1,04
8		0,92		0,94		0,89		0,70

Tabla 10a: Porcentaje de varianza explicada por las primeras ocho componentes y los modelos respectivos para el mes de agosto del período 1972 a 1983.

AGOSTO													
AÑOS	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	72/83
P mm.	151,2	0,7	14,1	20,1	34,8	48,2	14,9	29,7	14,1	11,0	64,8	44,5	36,34
P frec.	11	2	5	5	8	7	6	11	6	8	10	13	7,66
Baja	35,87	75,70	68,61	69,02	65,65	58,10	70,02	64,50	61,24	69,50	52,39	56,80	60,46
A Alta	1,27	0,00	0,00	0,00	0,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00	0,18
Total	37,14	75,70	68,61	69,02	66,29	58,10	70,02	64,50	61,24	69,50	52,61	56,8	60,64
Baja	9,90	4,43	3,07	3,74	3,30	5,83	5,19	6,61	3,53	7,51	6,13	10,27	5,51
B Alta	12,45	4,58	8,71	10,51	8,51	11,11	7,34	6,94	6,19	4,64	11,37	11,91	8,00
Total	22,36	9,02	11,79	14,25	11,81	16,95	12,53	13,56	9,72	12,16	17,51	22,18	13,51
Baja	9,60	2,12	1,77	3,10	3,57	5,33	4,02	4,07	6,82	3,46	3,14	6,69	3,89
C Alta	1,82	1,47	2,39	2,46	3,77	2,10	3,24	2,19	3,96	2,09	4,14	2,30	2,98
Total	11,43	3,59	4,17	5,57	7,34	7,44	7,27	6,26	10,79	5,55	7,28	9,00	6,88
Baja	6,70	1,05	3,79	1,95	2,40	4,11	1,15	3,45	6,28	1,64	9,75	2,93	3,51
D Alta	2,76	0,88	2,52	1,70	3,06	1,16	1,14	2,01	1,05	0,84	2,08	0,85	1,46
Total	9,47	1,94	6,32	3,66	5,46	5,28	2,29	5,46	7,34	2,49	11,83	3,78	4,98
Baja		2,48			1,57	2,23	0,96	0,73		1,98		0,90	1,55
E Alta		1,79			1,31	1,45	2,04	1,43		2,27		1,26	2,10
Total		4,27			2,89	3,69	3,01	2,17		4,26		2,16	3,66

Tabla 10b: Frecuencia (frec.) y cantidad de precipitación (PP) para el mes de agosto y varianzas explicadas por los primeros modelos (bajas presiones en las áreas sombreadas figuras 14a a e) y sus inversos (altas presiones en las áreas sombreadas).

medios.

- Anomalía negativa al sur de 40°S centrada en 50°S.

- Índice de circulación mayor que el medio.

- Varianza explicada por el modelo A mayor que la media.

-Los modelos de las CPs son en este caso bastante diferentes a los obtenidos del análisis para el período 1972 a 1983, igualmente se los asimila, de acuerdo a su mayor semejanza.

-Varianza explicada por los modelos B y C para Bajas presiones es inferior a la media.

-Inferencia: disminución de la frecuencia de pasajes frontales.

Año 1975:

- Valores de frecuencia y precipitación bajo los medios.

- Anomalía negativa entre 40°S y 60°S.

- Índice superior al medio.

- Varianza explicada por el modelo A mayor que la media.

-Menor que la media la varianza explicada por los modelos B, C y D para Bajas presiones.

-Inferencia: disminución de la frecuencia de pasajes frontales.

Año 1976:

-Valores de frecuencia y precipitación similares a los medios.

- Anomalía positiva al norte de 50°S y negativa al sur.

- Índice de circulación levemente superior al medio.

-Aumento del porcentaje de varianza explicado por el modelo A.

-Varianza explicada por los modelos B y D para Bajas inferiores a la media.

Año 1977:

-Precipitación superior a la media y frecuencia inferior a la media.

-Anomalía positiva en el sector sur de la Patagonia.

-Índice de circulación inferior al medio.

-Varianza explicada por el modelo A inferior a la media.

-Aumento de la varianza explicada por el modelo B para Altas.

-Varianza explicada por los modelos B y C para Bajas presiones inferior a la media.

Año 1978:

-Frecuencia y precipitación bajo los valores medios.

-Anomalía positiva al norte de 55°S.

-Índice superior al medio.

-Varianza explicada por el modelo A , superior a la media.

-Menor la varianza explicada por el modelo D para Bajas.

Año 1979:

-Cantidad de precipitación bajo la media y frecuencia sobre la media.

-Índice algo inferior al medio.

-Varianza explicada por el modelo A levemente superior a la

media.

- Aumento de las varianzas explicadas por los modelos B y C para Bajas presiones.

- Disminución de la varianza explicada por el modelo B para Altas.

- Inferencia: aumento de la frecuencia de pasajes frontales.

Año 1980:

- Valores de precipitación y frecuencia inferiores a los medios.

- Anomalía negativa en el centro y oeste de Argentina entre 40°S y 55°S .

- Índice de circulación superior al medio.

- Varianza explicada por el modelo A superior a la media.

- Disminución de la varianza explicada por el modelo B para Bajas y aumento de la explicada por los modelos C y D para Bajas.

- Varianza explicada por el modelo B para Altas inferior a la media.

Año 1981:

- Frecuencia de precipitación similar a la media y cantidad inferior a la media.

- Anomalía negativa generalizada.

- Índice de circulación superior al medio.

- Varianza explicada por el modelo A superior a la media.

- Disminución de la varianza explicada por el modelo B para Altas.

-Aumento de la varianza explicada por el modelo B para Bajas.

Año 1982:

-Valores de frecuencia y precipitación superiores a los medios.

-Anomalía negativa al norte de 45ºS.

-Índice inferior al medio.

-Disminución de la varianza explicada por el modelo A.

-Aumento de la varianza del modelo B para Altas y del modelo D para bajas, este último a más del doble.

Año 1983:

-Precipitación y frecuencia superiores a la media.

-Anomalía positiva extendida a toda el área y centrada en 50ºS.

-Índice inferior al medio.

-Disminución de la varianza explicada por el modelo A.

-Aumento de la varianza explicada por el modelo B para Altas.

-Aumento de la varianza explicada por los modelos B y C para Bajas.

-Inferencia: aumento de la frecuencia de pasajes frontales.

Resultados del análisis de los campos de presión de superficie del mes de Agosto para el período 1972 a 1983:

Los años con cantidad de precipitación y frecuencias bajas, que son 1973 y 1974 muestran anomalías negativas al sur de 40°S y positivas al norte, lo que implica índices de circulación superiores a los medios. Por otra parte los años con valores altos de cantidad y frecuencia de precipitación, que son 1972 y 1982, presentan la situación inversa con anomalías negativas al norte de 40°S y positivas al sur, lo que es equivalente a índices de circulación inferiores al medio.

A su vez hay una relación directa entre el aumento del índice de circulación y porcentajes de la varianza explicados por el modelo A sobre los valores medios, y viceversa.

La correlación lineal entre los porcentajes de varianza explicados por cada situación, que incluye a los modelos y sus dos posibilidades, indica que existe una alta relación de orden inverso entre el modelo A, circulación similar a la del campo medio, y la cantidad y frecuencia de precipitación. O sea que mientras más perturbado es el campo de superficie durante este mes mayor será la precipitación. Las perturbaciones que se relacionan significativamente con la precipitación son: los modelos B y C para bajas presiones, que significan pasajes de frentes; el modelo B para altas presiones, que significa irrupciones de aire polar, y el modelo D para bajas presiones que son situaciones que tienen en el sur de la Patagonia un anticiclón que actúa como bloqueante y muestra intensificada la baja termo-orográfica.

Estos resultados indican que la variabilidad del campo de presión de superficie explica en gran medida la variabilidad de la precipitación, en este mes.

			MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
M O D E L O S	A	Baja	-0,15	-0,58*	-0,65*	-0,95**
	B	Baja	0,25	-0,06	0,81**	0,62*
		Alta	0,23	0,70**	-0,21	0,71**
	C	Baja	0,51	0,30	0,25	0,73**
		Alta	-0,22	-0,19	-0,32	-0,09
	D	Baja	-0,08	-0,02	0,47	0,59 *
		Alta	0,09	0,02	0,64*	0,49
	E	Baja	0,16	0,31	-0,74	
		Alta	-0,29	0,56	0,12	
	Según test de Fisher r es significativamente distinto de cero para (*) con $\alpha = 0.05$ y (**) con $\alpha = 0.01$					

Tabla 11: Correlaciones entre cantidad de precipitación en mm. y la varianza explicada por los modelos (bajas en el área sombreada) o sus inversos (altas en el área sombreada).

			MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
M O D E L O S	A	Baja	0,00	-0,52*	-0,75*	-0,68**
	B	Baja	0,25	-0,05	0,73**	0,78**
		Alta	-0,01	0,74**	-0,18	0,53*
	C	Baja	0,45	0,16	0,40	0,56*
		Alta	-0,08	-0,26	-0,27	0,08
	D	Baja	-0,19	0,09	0,62*	0,10
		Alta	-0,21	-0,02	0,76**	0,21
	Según test de Fisher r es significativamente distinto de cero para (*) con $\alpha = 0.05$ y (**) con $\alpha = 0.01$					

Tabla 12: Correlación entre la frecuencia de días con precipitación y la varianza explicada por los modelos (bajas en el área sombreada) o sus inversos (altas en el área sombreada).

3.4.3.5._Conclusiones del análisis de la variabilidad inter anual de las muestras mensuales independientemente estudiadas:

Los resultados se componen de cuatro grupos, uno para cada mes de Mayo a Agosto, de doce muestras cada uno, correspondientes a cada uno de los años de 1972 a 1983.

En todos los casos el modelo A correspondió al resultado de la 19CPs y explica un porcentaje de varianza similar o superior a la mitad de la varianza total.

Excepto en Julio y Agosto del año 1980, el modelo B corresponde a la 29CPs.

El modelo C generalmente corresponde a la 39CPs pero puede tambien corresponder al otra componente, pero siempre aparece como resultado de una componente significativa.

El modelo D aparece generalmente como resultado de la 49CPs , aunque en el mes de Mayo con más frecuencia y en el mes de Julio algunas veces, corresponde al resultado de la 39CPs . En algunos casos no aparece como resultado de las componentes significativas.

Los modelos restantes que aparecen como significativos son el E, F y G pero alternan entre sí y en ocasiones ninguno de ellos es resultado de alguna componente significativa, estos modelos son también los que presentan mayor variabilidad de contornos ó forma respecto al modelo resultante del análisis de la muestra total de 12 años, y son por lo tanto los más difíciles de identificar.

La variabilidad interanual de cada uno de los meses resulta

superior a la variabilidad intermensual observada en el análisis de los 12 años. (Tablas 7,8,9 y 10). Esto se refleja por ejemplo en el hecho de que la primer componente explica un máximo de 60.6% en el mes de Agosto del período total 1972 a 1983 y un mínimo en el mes de Julio de 56.8%, mientras que al analizar las muestras mensuales (31 días) del mes de Julio se observa un máximo de 75.13% en el año 1976 y un mínimo de 39.8% en el año 1977.

Otro aspecto de la variabilidad interanual consiste en el número de componentes significativas ó lo que es lo mismo, de modelos, que son necesarios para explicar el mismo porcentaje de varianza. Esto indica años de mayor variabilidad de situaciones sinópticas que coinciden con los años en que es menos frecuente la situación sinóptica con flujo similar al campo medio y otros en es menor dicha variabilidad y mayor el porcentaje de varianza explicado por dos o tres modelos, un ejemplo de ello son Julio de 1977 y 1976 respectivamente.

Por otra parte los resultados en términos climáticos señalan que en los cuatro meses analizados la variabilidad se ve explicada en casi su totalidad por siete modelos, no teniendo en este sentido variabilidad intermensual.

Los resultados antecedentes se deben fundamentalmente a que la variabilidad interanual es efectivamente mayor que la intermensual porque de otro modo las diferencias no serían tan y a el tamaño diferente de las muestras ya que en el caso de los resultados climáticos es de 375 ó 362 días de acuerdo al mes y en el análisis interanual las muestras son de 31 ó 30 días.

Los campos de anomalías resultan coherentes con los resultados del análisis por componentes principales como por

ejemplo para Julio de 1973 . En este caso una extensa anomalía positiva centrada entre 50°S y 60°S coincide con un porcentaje de varianza explicado por el modelo B para Altas presiones en el área sombreada, superior al doble del explicado en el caso del análisis para el período total de 12 años.

A su vez menores índices de circulación se relacionan con menores porcentajes de varianza explicados por el modelo A y viceversa.

Los meses estudiados no muestran el mismo comportamiento en relación con la precipitación en Santiago de Chile. En Mayo sólo se observa relación con los campos de anomalías , dado que anomalías negativas al norte de 40°S están acompañadas por cantidades y frecuencias de días con precipitación superiores a los valores medios del período 1972 a 1983. Complementariamente no hay relación significativa con la varianza explicada por ninguno de los modelos obtenidos del análisis por CPs , ó sea ni con el campo medio, ni con las perturbaciones más frecuentes. En este mes la fluctuación de la precipitación será posiblemente explicada por la variabilidad en los campos de altura y en la humedad disponible.

Los meses de Junio, Julio y Agosto muestran relación inversa significativa entre la varianza explicada por el modelo A y la precipitación. O sea que un mes de mayor precipitación es también un mes en el cual el campo de presión se encuentra más perturbado, y es en este sentido el mes de Agosto el caso en que la relación es más estrecha dando un coeficiente de correlación muy alto.

El mes de Junio es el único que no muestra relación entre

el campo de anomalías y la precipitación. Julio y Agosto se comportan como Mayo y para estos tres meses se puede generalizar que los años con anomalías negativas al norte de 40°S, tienen valores máximos de cantidad y frecuencia de precipitación y viceversa. Estos son también años de bajos índices de circulación y de porcentajes de varianza explicados por el modelo A inferiores a los valores medios.

La diferencia entre Junio, Julio y Agosto radica en que son distintas las perturbaciones relacionadas con la precipitación en cada uno de estos meses.

Junio sólo muestra relación significativa con el modelo B para Altas presiones, que son sistemas que producen irrupción de aire polar, generalmente acompañados por vaguadas de altura. Se infiere que Junios más fríos coincidirían con valores mayores de precipitación.

Inversamente, en Julio la precipitación está directamente relacionada al porcentaje de varianza explicado por el modelo B para Bajas presiones, que significa pasaje frontal sobre la Argentina mientras que no presenta relación significativa con ese modelo para el caso de Altas. También resulta significativa la relación entre la varianza explicada por el modelo D para Bajas presiones y la precipitación, tal que mayor porcentaje de varianza explicado por este modelo se asocia a mayores valores de precipitación.

La relación más estrecha entre el campo de presión de superficie y la precipitación se observa en el mes de Agosto. Las perturbaciones directamente relacionadas con la precipitación son el modelo B para altas presiones, que implica irrupciones de aire

frio ó polar , del modelo B para bajas presiones, que implica pasajes frontales, el modelo C para bajas presiones que representa los frentes frios que provocan un fuerte cambio de masa de aire ,y el modelo D para bajas presiones , situación de frente semi estacionario sobre Patagonia, con una alta presión de bloqueo al sur y una baja segregada sobre la costa de Chile.

3.4.4.- Variabilidad interanual de la circulación invernal:

Se definió previamente como invierno al período comprendido por los meses de Mayo, Junio Julio y Agosto considerando que en ellos se registra casi la totalidad de la precipitación que cae en la Cordillera de los Andes Centrales entre 3000S y 4000S.

El objetivo en este punto del trabajo es analizar la variabilidad interanual de la circulación considerando las muestras que comprenden a los 123 días de estos cuatro meses, para cada uno de los años del período 1972 a 1983, y la relación entre la variabilidad de la circulación y la fluctuación de la precipitación.

3.4.4.1.- Modelos de los campos de presión de superficie obtenidos del análisis por Componentes Principales:

Las primeras componentes principales significativas para las 12 muestras invernales dan como resultado los mismos modelos de anomalías que los obtenidos del análisis de la muestra correspondiente al mes de Julio del período 1972 a 1983 que se muestran en la figura (14).

Este resultado confirma la hipótesis planteada inicialmente y que supone que la variabilidad interna e interanual del invierno no depende básicamente de que cambien los modelos de anomalías de presión de superficie sino más bien de cambios en la varianza explicada por cada modelo o sea de la variabilidad de la distribución de los modelos en la muestra.

INVIERNO								
	1972		1973		1974		1975	
CPs	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.
1	A	52,03	A	61,51	A	58,47	A	61,04
2	B	16,61	B	13,39	B	14,28	B	17,17
3	C	8,61	C	6,65	C	7,46	C	6,51
4	D	5,94	D	4,73	D	4,98	D	5,05
5	E	4,08	E	3,39	E	4,52	E	2,42
6	F	3,20	G	2,14	F	2,58	F	1,96
7	G	2,20	F	1,94	G	1,73	G	1,33
8		1,26		1,26		0,91		0,68
	1976		1977		1978		1979	
CPs	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.
1	A	65,89	A	59,07	A	55,16	A	62,06
2	B	12,96	B	14,56	B	15,34	B	13,14
3	C	5,22	C	6,33	C	7,87	D	5,92
4	D	4,26	D	5,60	D	6,62	C	5,43
5	E	3,05	E	3,54	E	3,19	E	3,65
6	G	2,15	F	2,63	G	2,60	G	2,16
7		1,90		2,42	F	1,87	F	1,77
8		0,68		0,98		1,23		0,82
	1980		1981		1982		1983	
CPs	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.	Modelo	% Var.
1	A	57,66	A	59,47	A	53,00	A	59,50
2	B	12,10	B	15,08	B	18,36	B	16,44
3	C	8,01	C	6,31	D	8,08	C	6,78
4	D	7,21	D	5,09	C	7,21	D	4,41
5	E	3,97	E	3,45		2,39	E	3,32
6	F	3,19	F	2,40		2,25	F	2,24
7	G	1,79	G	1,79		1,63	G	1,52
8		0,94		1,24		1,22		0,83

Tabla 13: Varianza explicada por las primeras CPs y sus respectivos modelos para cada uno de los inviernos (meses de mayo, junio, julio y agosto) del período 1972 a 1983 (muestra de 123 días).

En la Tabla (13) se presentan los modelos obtenidos para cada uno de los inviernos y la distribución de las varianzas explicadas por los mismos. Estos modelos representados por las letras A a G son exactamente iguales a los que se muestran en la figura (14).

En los años 1976 y 1982 surgen modelos no asimilables a los obtenidos para los restantes inviernos analizados. Estos corresponden a la 60 CPs en el año 1976 y a las CPs 50, 60 y 70 del año 1982 que explican un porcentaje de varianza pequeño, por ello si bien señalan situaciones reales, las mismas son poco probables y acreditan que estos años son anómalos. La explicación podría encontrarse en que durante ambos años ocurrió el fenómeno denominado El Niño.

Aunque los modelos correspondientes a las primeras componentes resultaron muy similares en todos los inviernos a los obtenidos del análisis de los meses individuales, presentan alguna variabilidad en la forma que no justifica el considerarlos como diferentes. Cabe señalar que los modelos D y E son los que en este sentido muestran más variabilidad.

3.4.4.2.- Relación entre la distribución de los modelos invernales y la precipitación:

La correlación lineal entre la precipitación y la varianza explicada por cada modelo de acuerdo a sus dos posibilidades, alta ó baja presión en el área sombreada, se muestra en la tabla(14).

El modelo A, correspondiente a una circulación similar al campo medio de presión, tiene una relación inversa, significativamente no nula, con la precipitación invernal. Por

INVIERNOS

AÑOS		1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	r
ESTACIONES	P mm.	549,2	137,2	405,3	167,9	129,7	343,6	336,9	175,6	293,6	259,2	548,3	294,8	
	Baja A <i>Alta</i>	51,60 0,42	60,96 0,54	58,46 0,00	51,03 0,00	65,66 0,22	58,59 0,46	54,39 0,76	61,96 0,09	57,55 0,11	59,45 0,02	52,96 0,03	58,81 0,67	-0,90**
	Baja B <i>Alta</i>	6,32 10,28	4,14 9,24	5,83 8,44	7,18 9,98	4,88 8,07	7,36 7,19	8,88 6,45	5,78 7,35	4,46 7,63	6,46 8,61	7,62 10,73	6,53 9,90	0,44 0,34
	Baja C <i>Alta</i>	4,60 3,55	3,58 3,06	3,76 3,68	3,35 3,15	2,79 2,42	4,47 1,54	5,51 2,35	2,77 2,65	4,25 3,75	3,87 2,43	4,90 2,30	4,39 2,38	0,71** 0,08
	Baja D <i>Alta</i>	4,01 1,92	3,21 1,51	2,74 2,23	2,70 2,34	2,27 1,98	4,11 1,48	4,89 1,72	4,08 1,83	5,68 1,52	3,51 1,58	5,13 2,94	3,16 1,23	0,48 0,39
	Baja E <i>Alta</i>	1,70 2,38	1,29 2,10	2,64 1,87	0,91 1,50	1,83 1,20	1,84 1,69	1,20 1,97	1,89 1,75	2,26 1,70	1,66 1,77		1,11 2,21	0,31 0,61*
	Baja F <i>Alta</i>	1,77 1,42	1,09 0,84	1,76 0,81	0,95 1,01		1,52 1,10	1,03 0,83	0,67 1,09	2,12 1,06	1,25 1,14		1,37 0,86	0,65* 0,43
	Baja G <i>Alta</i>	1,33 0,86	1,17 0,96	0,92 0,80	0,83 0,50	1,21 0,93	1,64 0,77	1,96 0,63	1,51 0,65	1,01 0,77	1,06 0,71		0,96 0,55	0,18 0,05

Tabla 14: Total de precipitación (P) y varianza explicada por los modelos y por sus inversos para los inviernos para los inviernos del período 1972 a 1983. Valores de correlación (r) entre la varianza explicada por los modelos y el total de precipitación.
Según Fisher (*) significativo al $\alpha = 0.05$ y al (**) al $\alpha = 0.01$.

otra parte las anomalías que muestran relación significativamente no-nula son las de los modelo C para Bajas presiones en el área sombreada, correspondiente a pasajes frontales, el modelo E para Altas presiones, que es una de las posibles situaciones post frontales y el modelo F para Bajas presiones correspondiente a un eje de Alta presión Noroeste Sudeste a través del área de estudio. En los tres casos la relación es directa siendo las dos últimas de menor significancia que la primera.

Los resultados al considerar el invierno como un todo difieren de los obtenidos al considerar a cada uno de los meses que lo integran. Así para el invierno la relación entre el modelo B para cualquiera de sus posibilidades y la precipitación, no es significativamente distinta de cero, mientras que en Junio y Agosto existe relación directa significativa entre el modelo B para altas presiones -irrupciones de aire polar- y en el caso del mes de Julio y Agosto la relación es significativa con el modelo B para Bajas presiones, correspondiente a uno de los casos de pasajes de frentes.

Por lo tanto el tipo de pronóstico ó diagnóstico que se desee, deberá recurrir a uno u otro resultado ya que ambos no son equivalentes. Por ejemplo, si se desea pronosticar los caudales de verano del río Mendoza, lo que influye es la totalidad de la nieve caída en Cordillera, no importando en que mes ocurrió, será entonces útil recurrir a los resultados del análisis de los campos de presión del invierno. En este sentido no será significativa la presencia o ausencia de anomalías similares al modelo B en ambas posibilidades, a su vez la frecuencia de los pasajes frontales con situaciones similares al modelo C para

Bajas, será una de las condiciones determinantes.

En el caso que se desee el pronóstico o diagnóstico para un mes determinado, por ejemplo la cantidad de nieve esperable en una pista de sky para el mes de Junio no importará la frecuencia de situaciones similares a los modelos B y C para bajas presiones, pero será significativamente determinante la presencia de situaciones como el modelo B para Altas presiones, (Tabla 11 y 12).

Se presenta esta dicotomía en los resultados pues en cada uno de los meses el comportamiento de la precipitación respecto de los campos de presión es distinto, mientras que al analizar el invierno en conjunto se están "promediando" estas características.

3.4.4.3. - Relación entre la evolución de la circulación de superficie y el régimen de la precipitación en las pendientes Chilena y Argentina de la Cordillera:

El régimen para los años 1972 a 1983 de precipitación en la Cordillera de los Andes entre 30°S y 40°S, se representa por la precipitación en Santiago de Chile para la pendiente chilena y por Puente del Inca y Punta de Vacas para la pendiente argentina, una a barlovento y otra a sotavento respectivamente.

Las series de tiempo de los factores de carga permiten apreciar en que medida un modelo determinado contribuye al campo de presión de superficie para cada uno de los días analizados.

Las figuras (23 a 34) presentan para cada año las series de tiempo de los factores de carga correspondientes a las primeras

cuatro componentes y el modelo asociado y discriminando sus dos posibilidades, altas ó bajas presiones en el área sombreada. Al pie de la figura se muestra la precipitación a barlovento y sotavento de la Cordillera.

Vemos que en la medida que el valor de los factores de carga correspondientes al modelo A se aproximan al valor -1 , el campo de presión de esos días se asemeja al campo medio de presión, mientras que al ser un valor mayor, en algunos casos positivo y cercano a 1 , indica que el campo de presión real se halla muy perturbado. La situación inversa al campo medio, que tendría flujo zonal del este sobre Patagonia y bajas presiones al norte de 40°S en las costas de los océanos Atlántico y Pacífico y que correspondería a valores de factores de carga iguales a 1 , no se observa en la realidad. El valor mayor corresponde al día 29 de Mayo de 1983, figura 34, en que el factor es de 0.788 . En cambio son frecuentes las situaciones similares al campo medio y lo prueban los numerosos casos de factores menores que -0.9 .

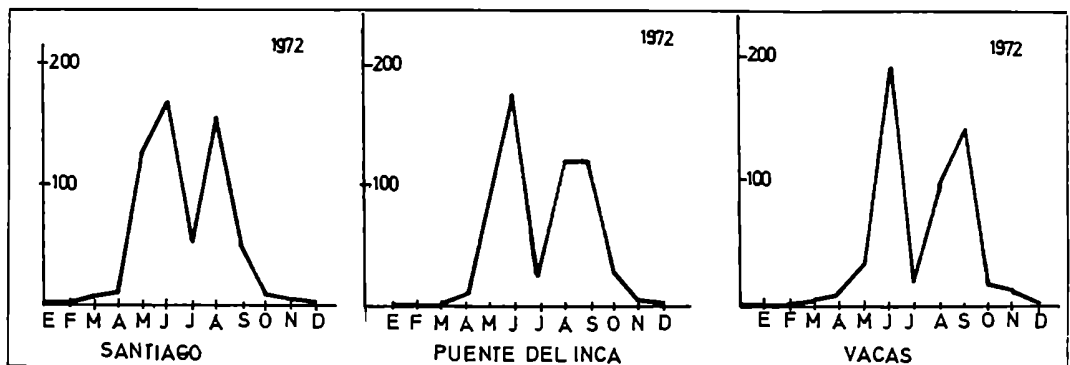
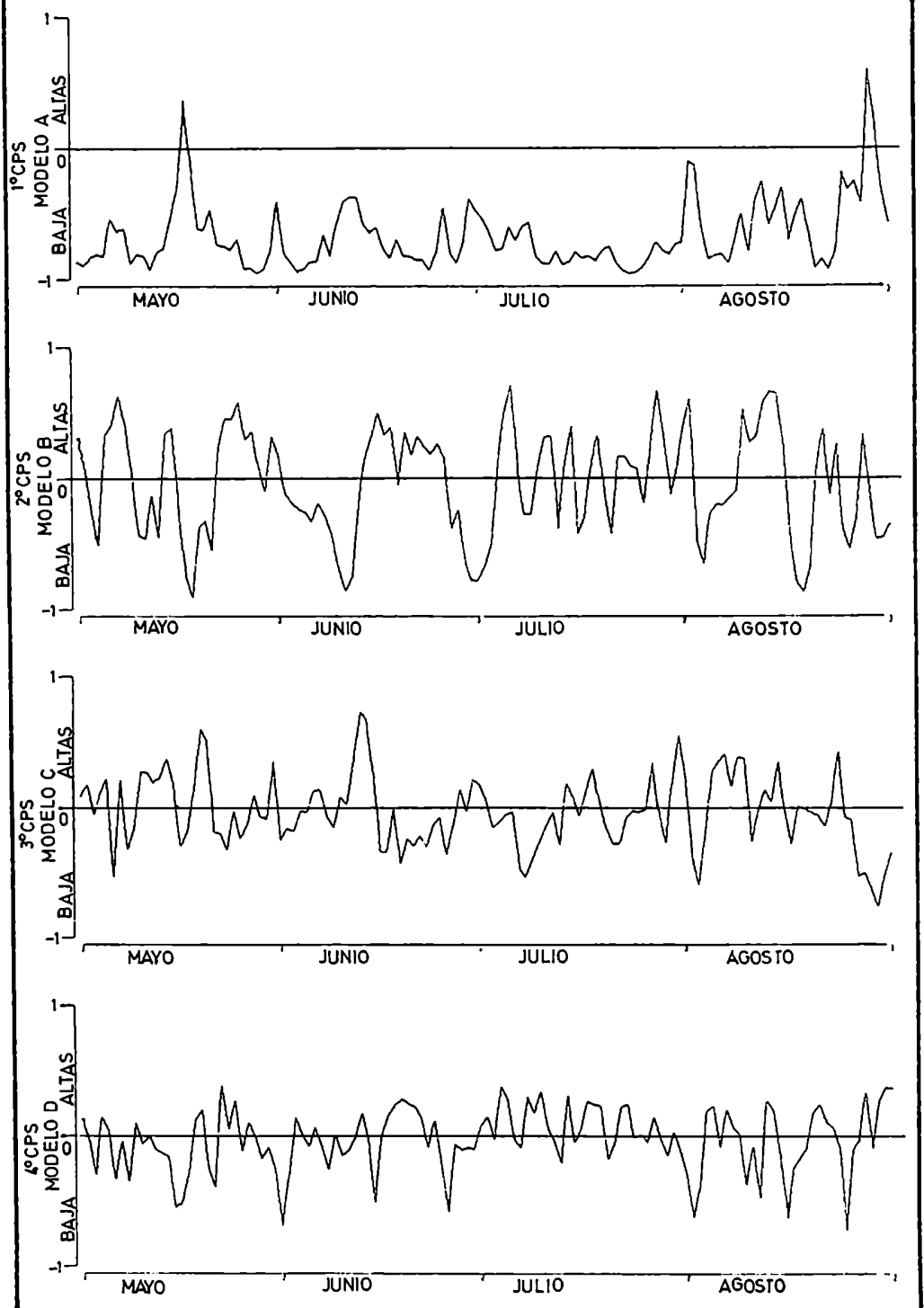


Figura 23: Series de tiempo de los factores de carga (arriba) y precipitación en: Santiago de Chile, Puente del Inca y Punta de Vacas para el año 1972.

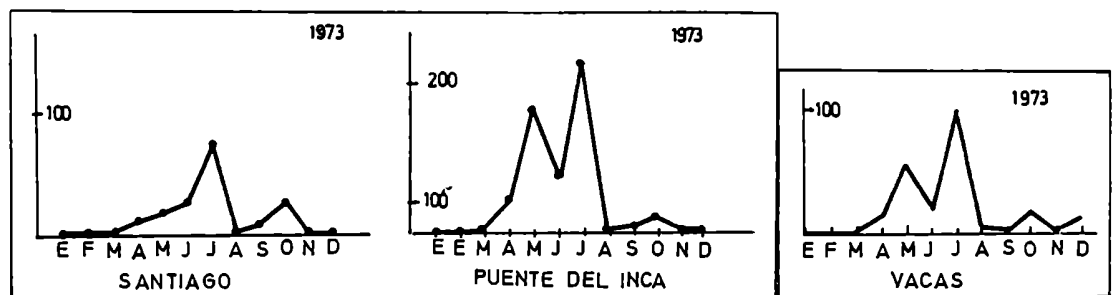
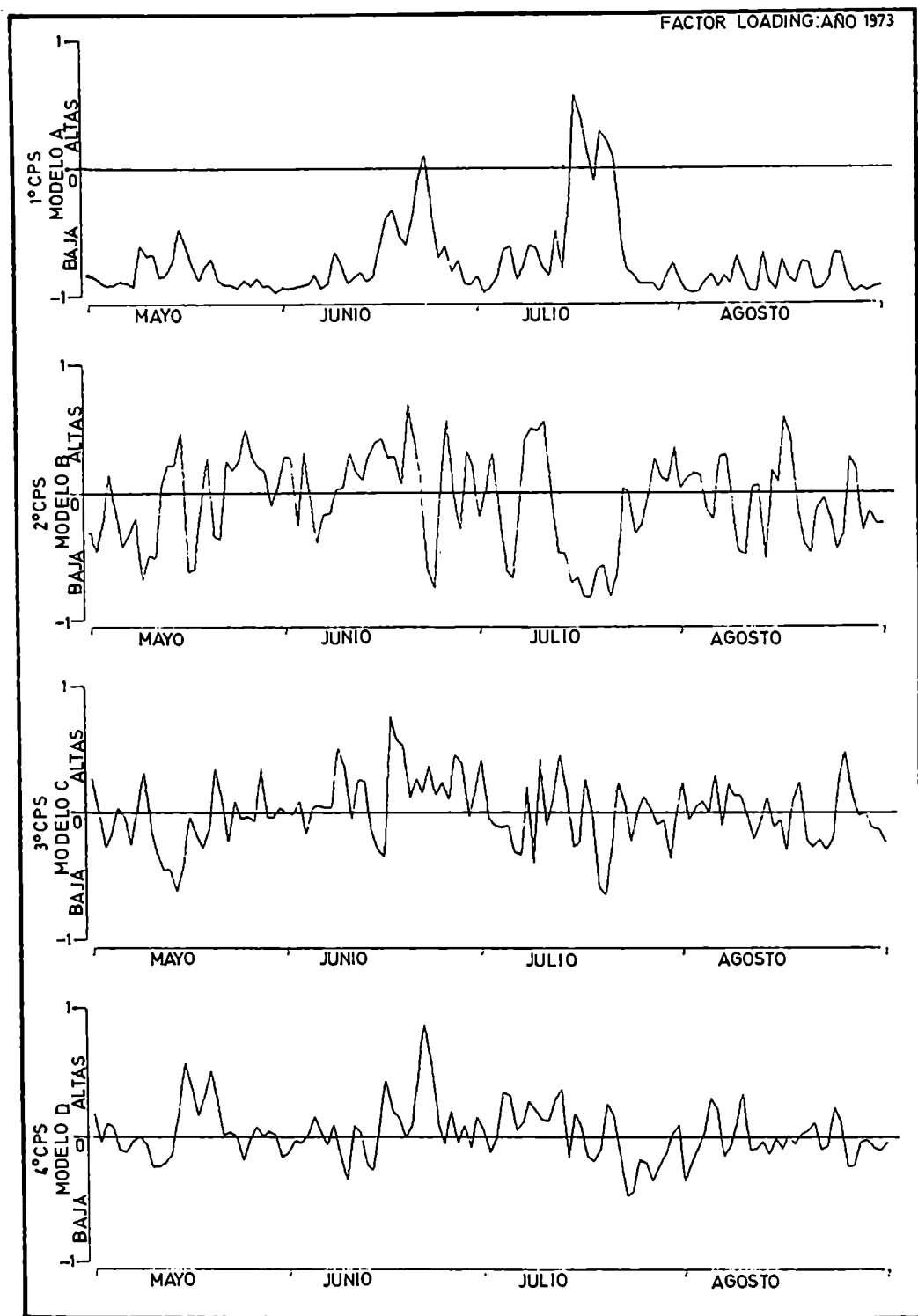


Figura 24: Series de tiempo de los factores de carga (arriba) y precipitación en: Santiago de Chile, Puente del Inca y Punta de Vacas (abajo) para el año 1973.

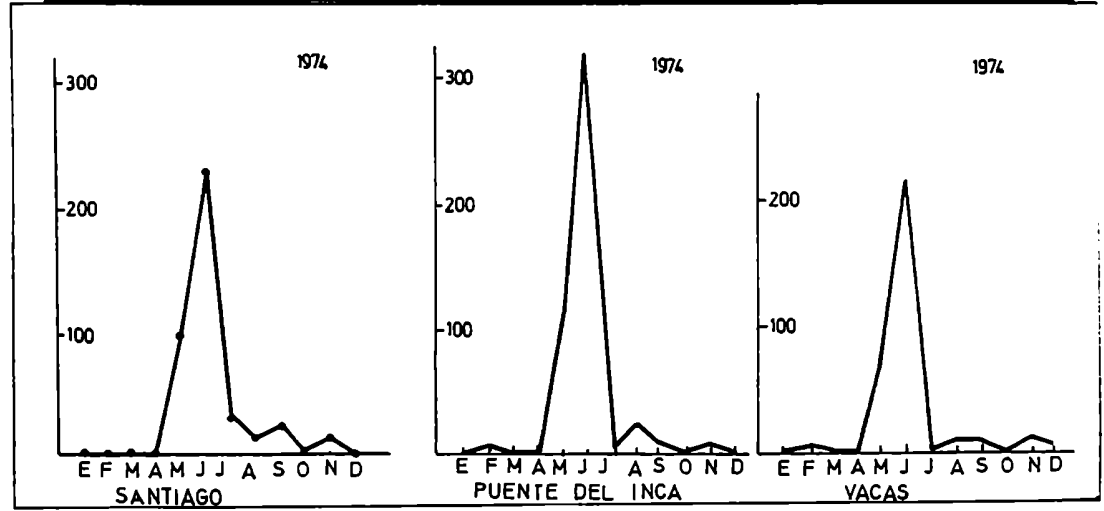
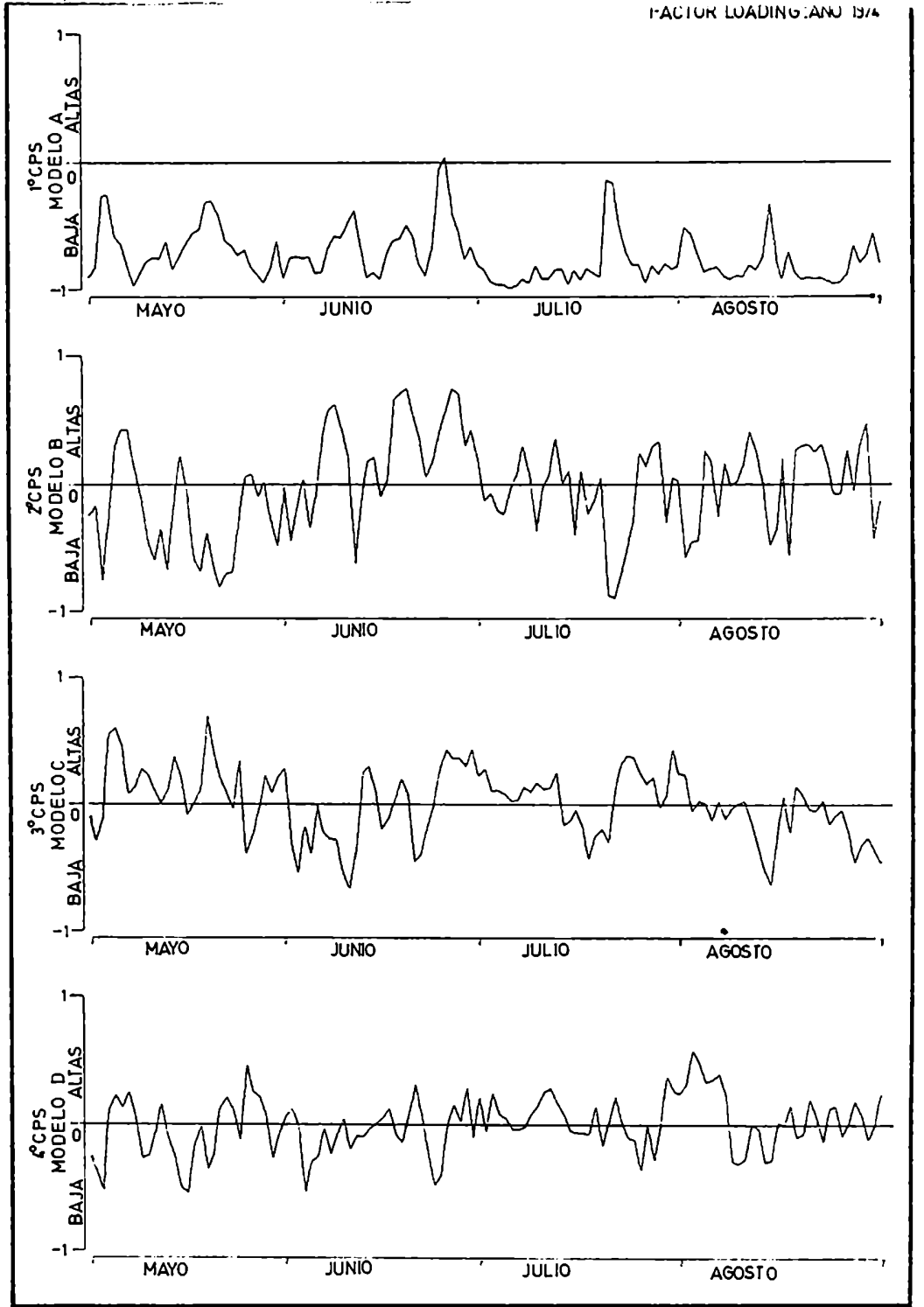


Figura 25: Series de tiempo de los factores de carga (arriba) y precipitación en Santiago de Chile, Puente del Inca y Punta de Vacas (abajo) para el año 1974.

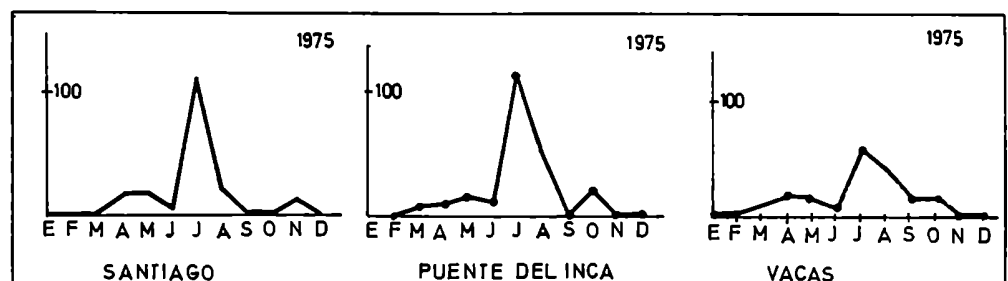
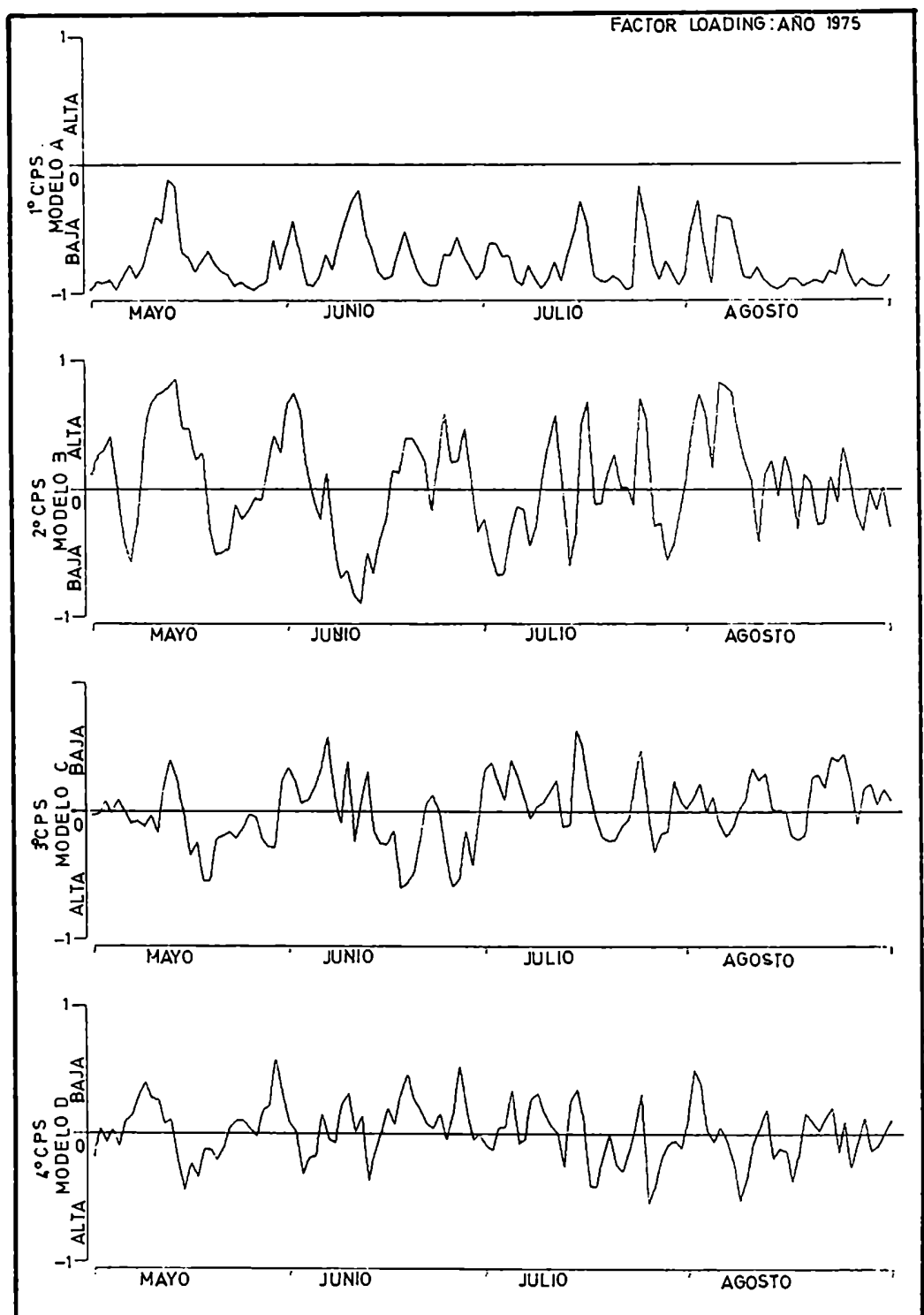


Figura 26: Series de tiempo de los factores de carga (arriba) y precipitación en : Santiago de Chile, Puente del Inca y Punta de Vacas (abajo) para el año 1975.

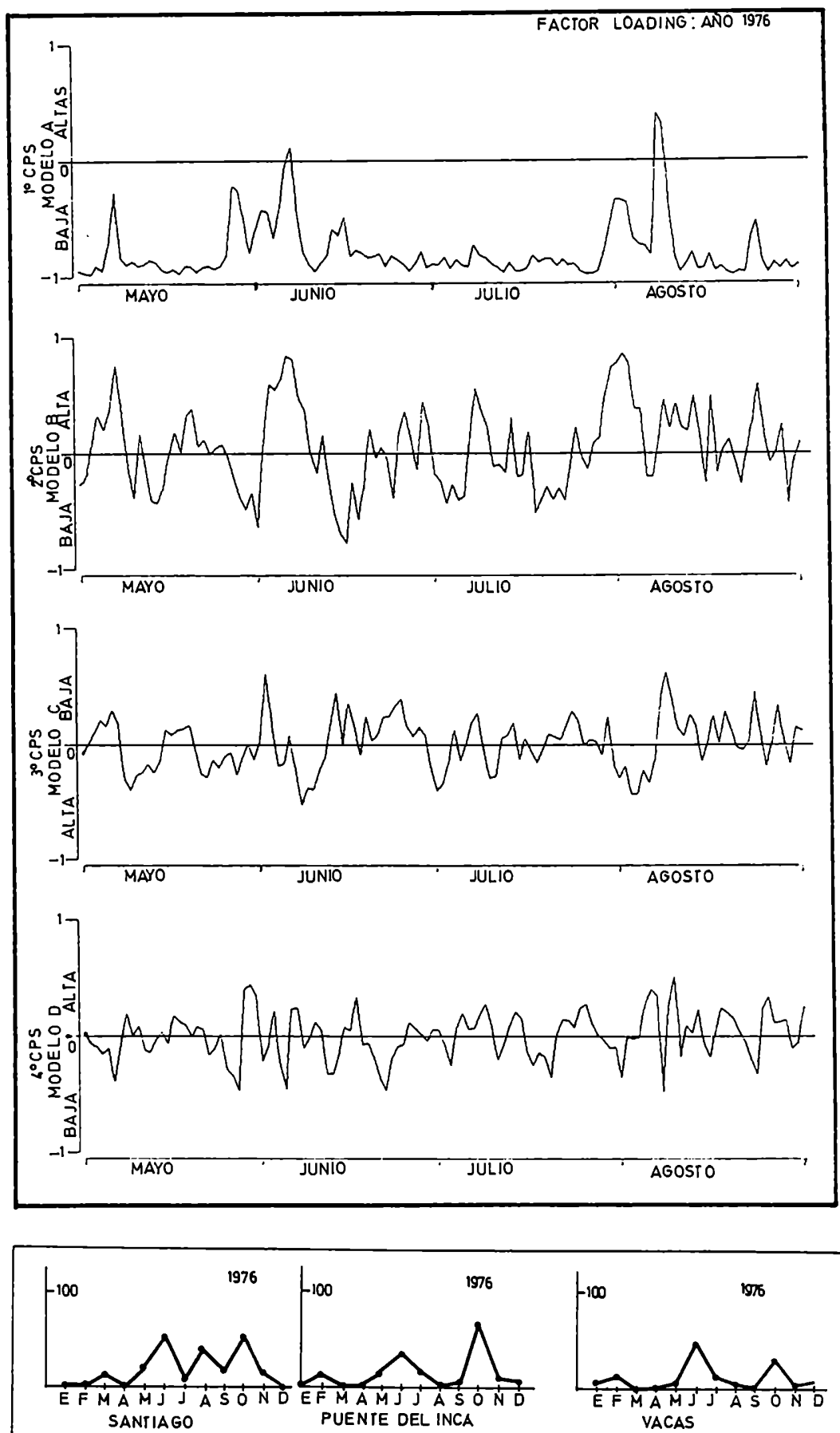


Figura 27: Series de tiempo de los factores de carga (arriba) y precipitación en: Santiago de Chile, Puente del Inca y Punta de Vacas (abajo) para el año 1976.

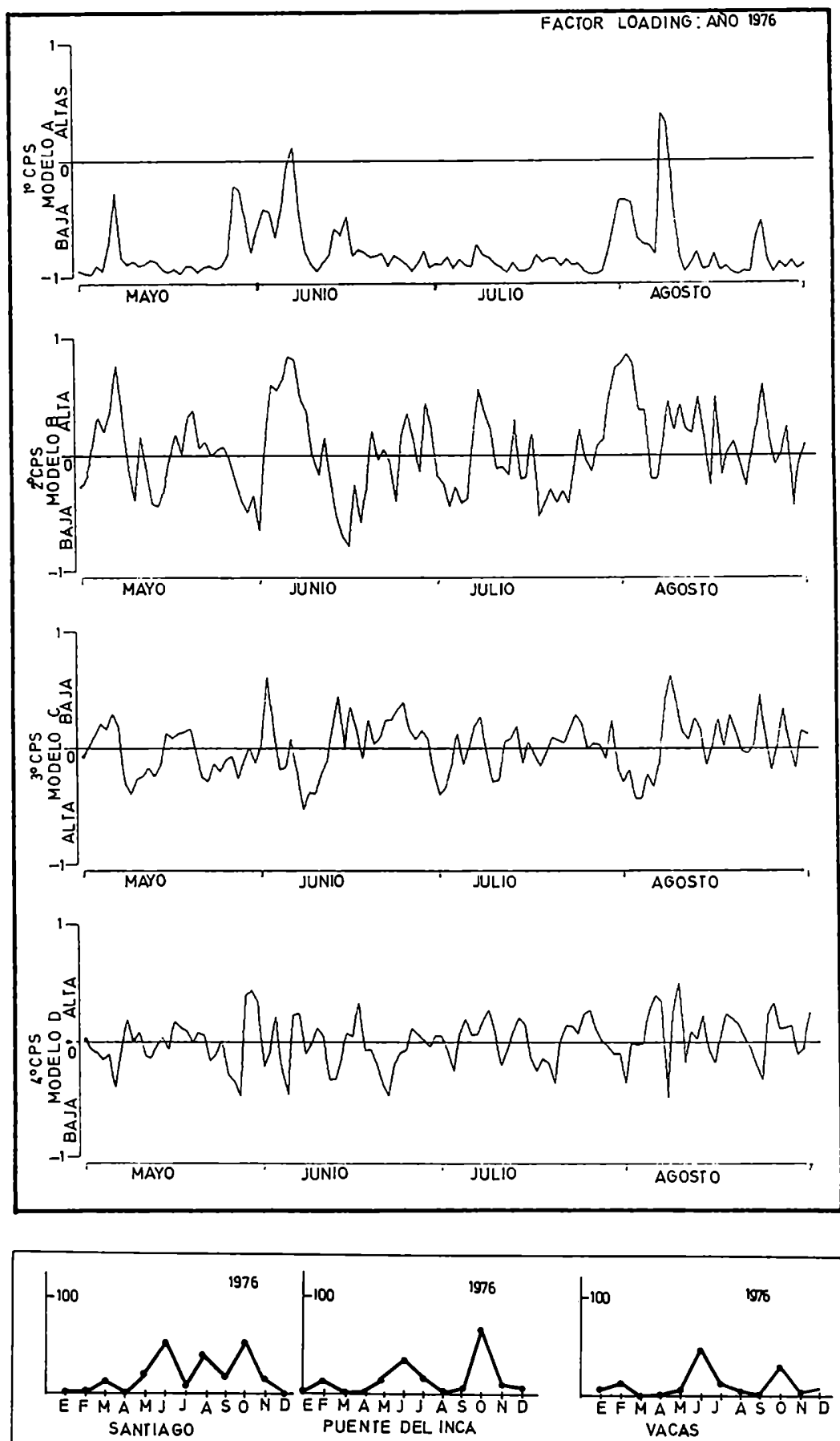


Figura 27: Series de tiempo de los factores de carga (arriba) y precipitación en: Santiago de Chile, Puente del Inca y Punta de Vacas (abajo) para el año 1976.

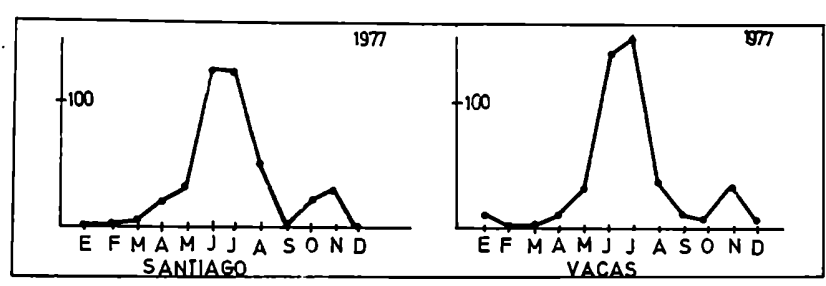
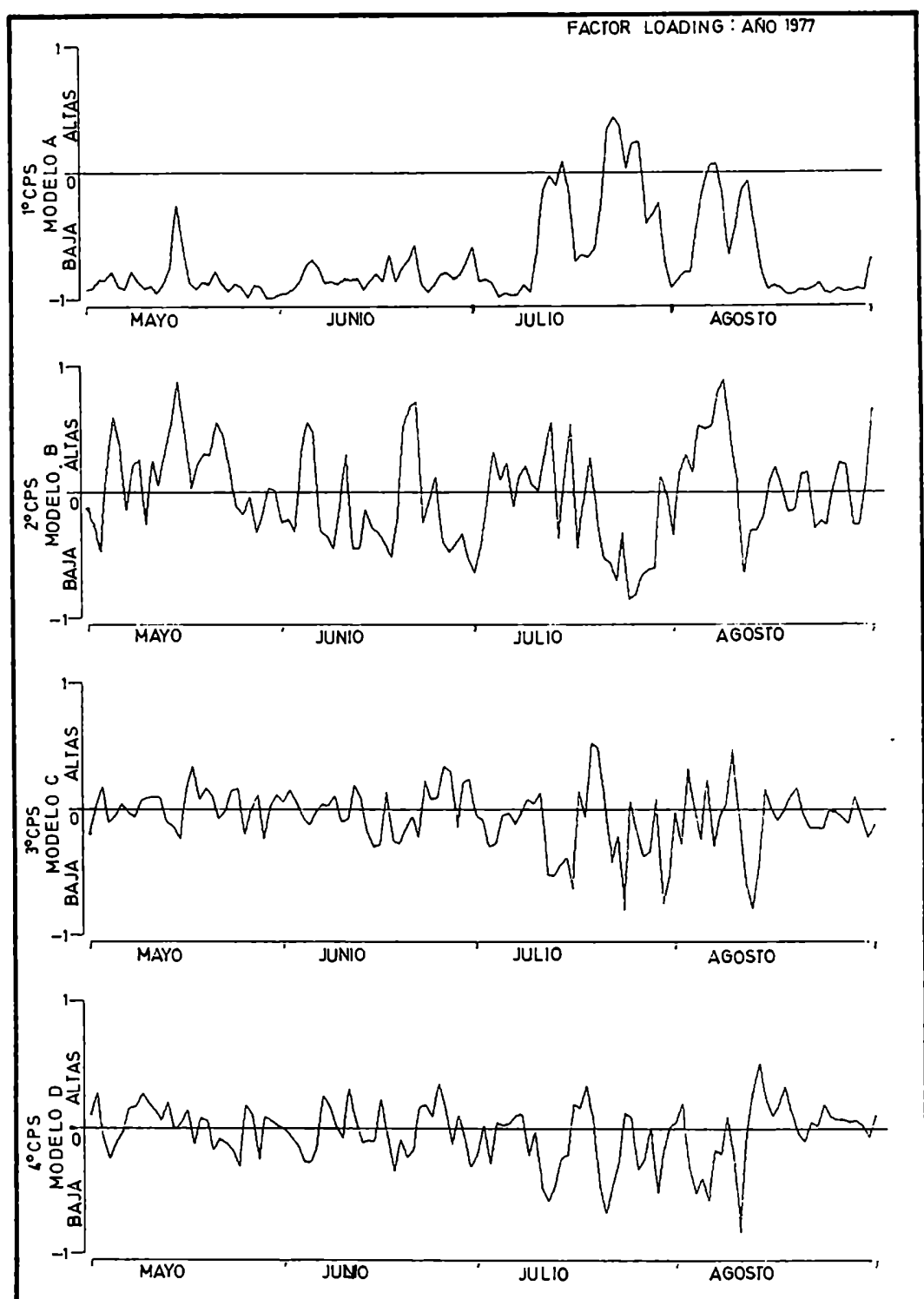


Figura 28: Series de tiempo de los factores de carga (arriba) y precipitación en: Santiago de Chile y Punta de Vacas (abajo) para el año 1977.

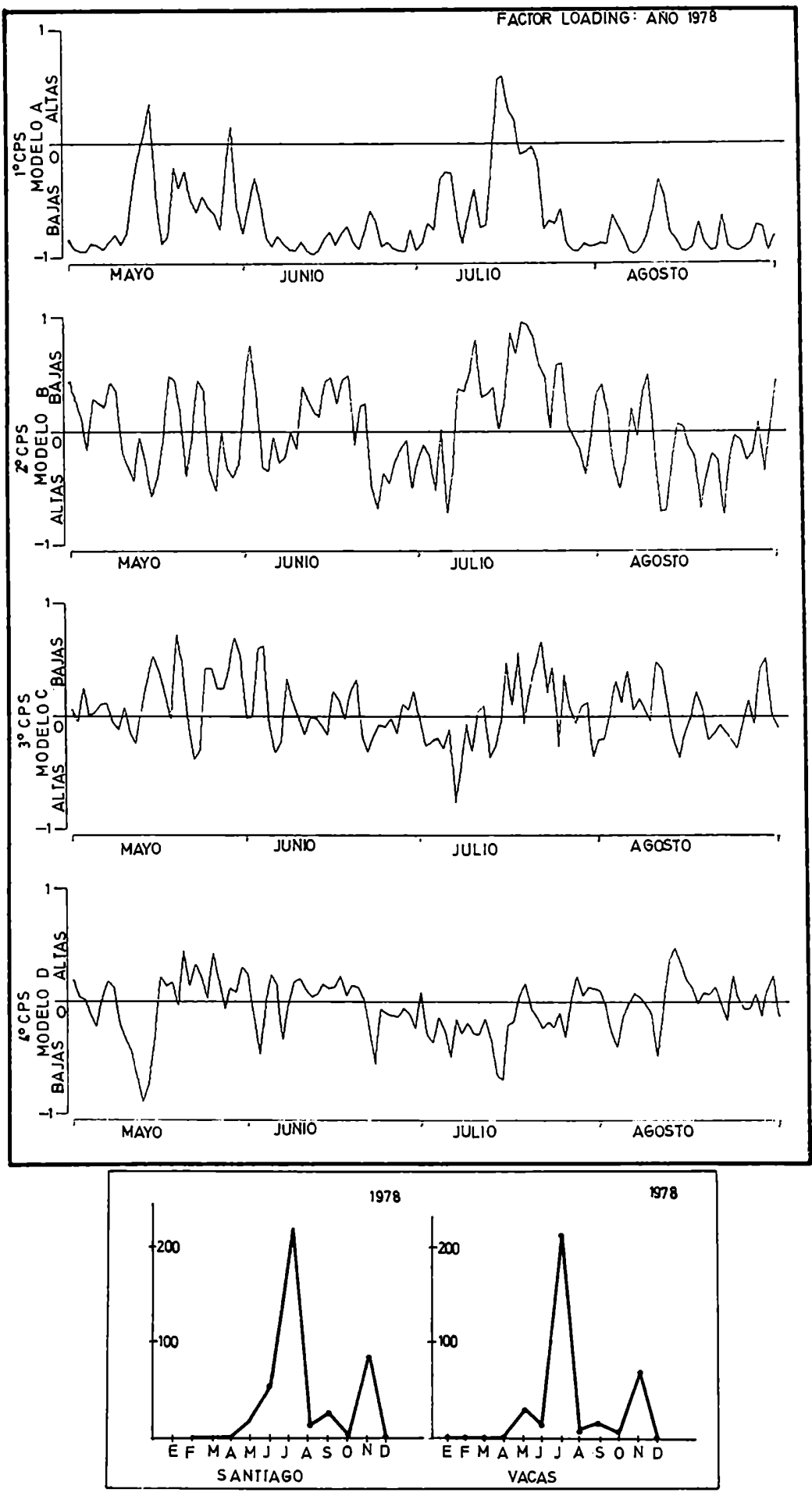


Figura 29: Series de tiempo de los factores de carga (arriba) y precipitación en: Santiago de Chile y Punta de Vacas (abajo) para el año 1978.

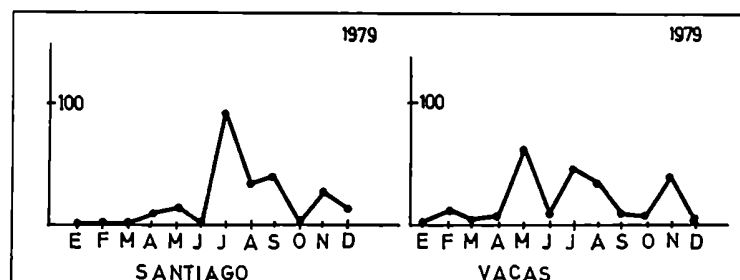
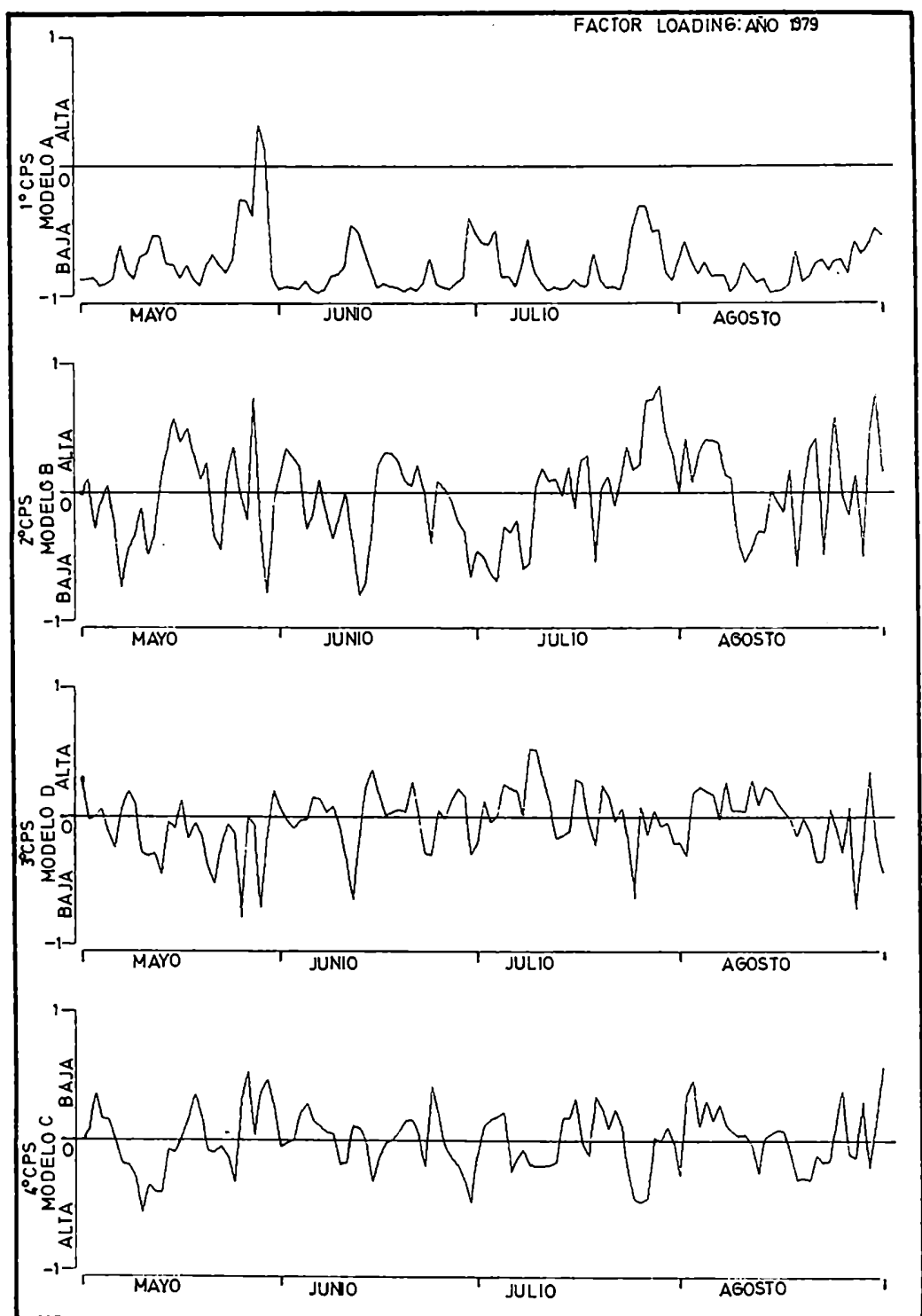


Figura 30: Series de tiempo de los factores de carga (arriba) y precipitación en: Santiago de Chile y Punta de Vacas (abajo) para el año 1979.

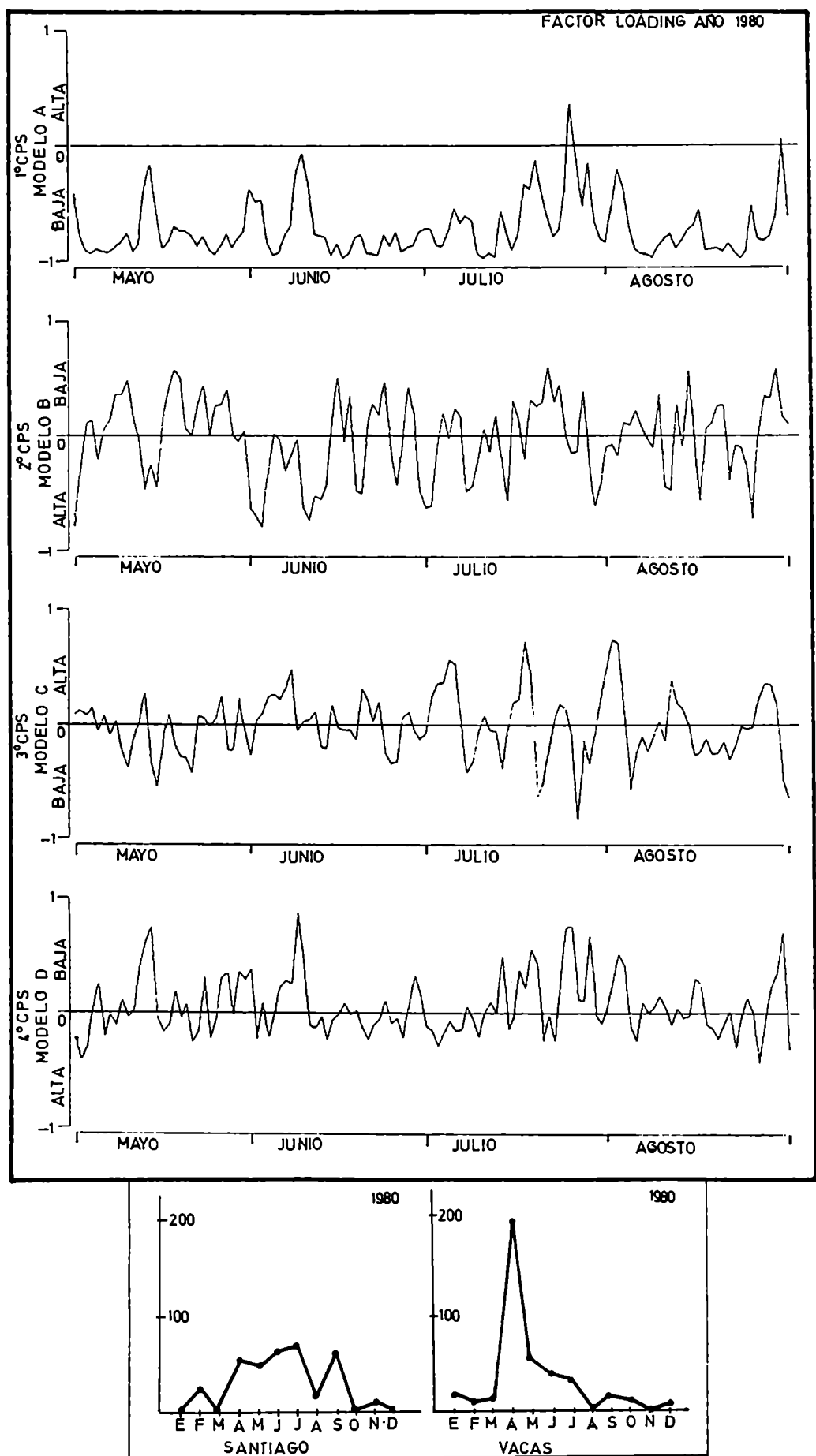


Figura 31: Series de tiempo de los factores de carga (arriba) y precipitación en: Santiago de Chile y Punta de Vacas (abajo) para el año 1980.

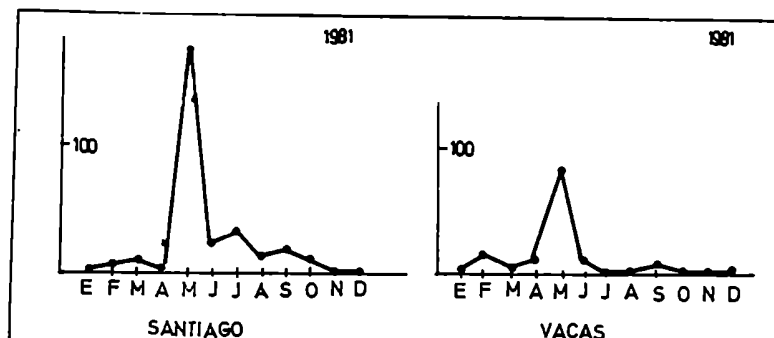
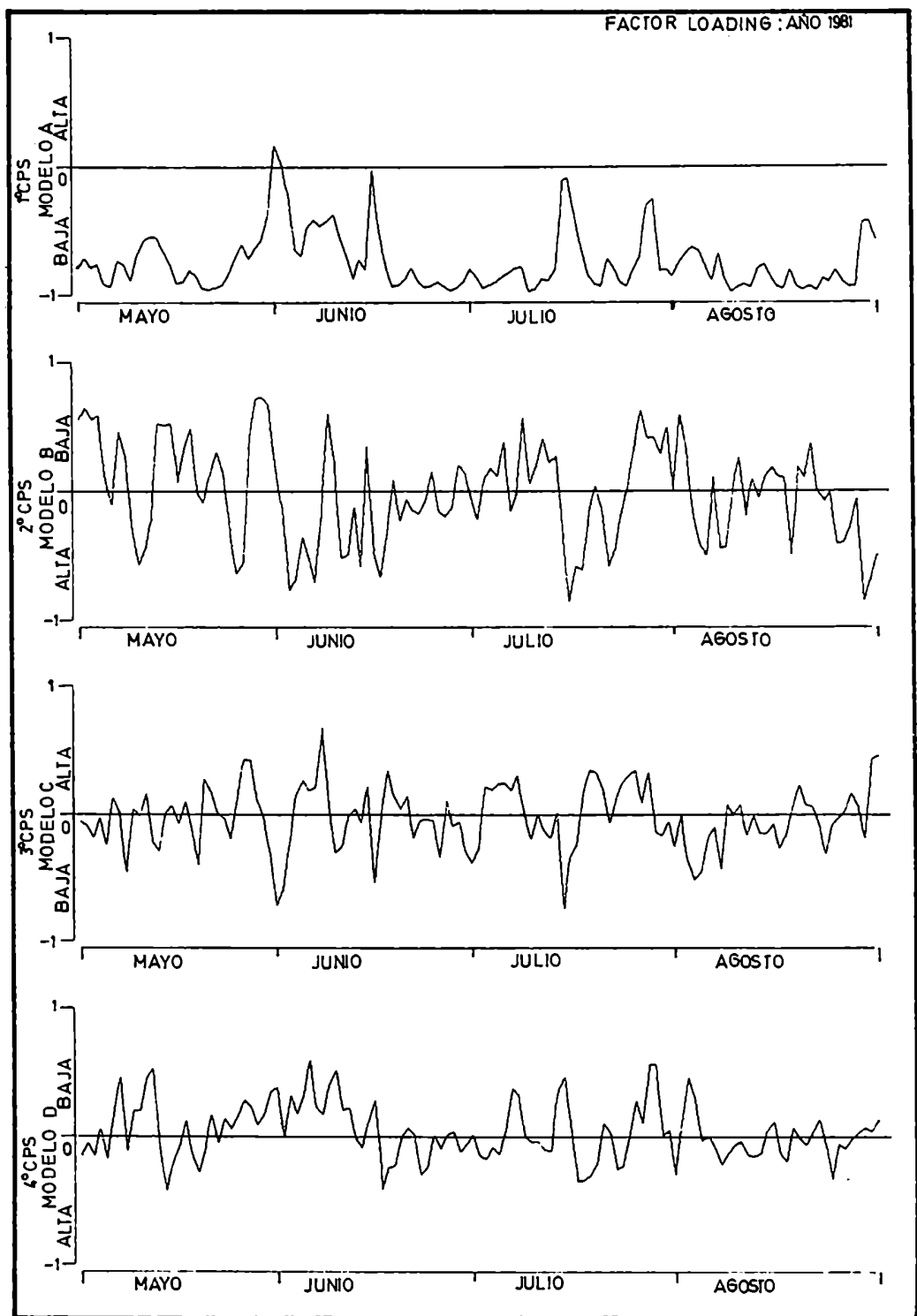


Figura 32: Series de tiempo de los factores de carga (arriba) y precipitación en: Santiago de Chile y Punta de Vacas (abajo) para el año 1981.

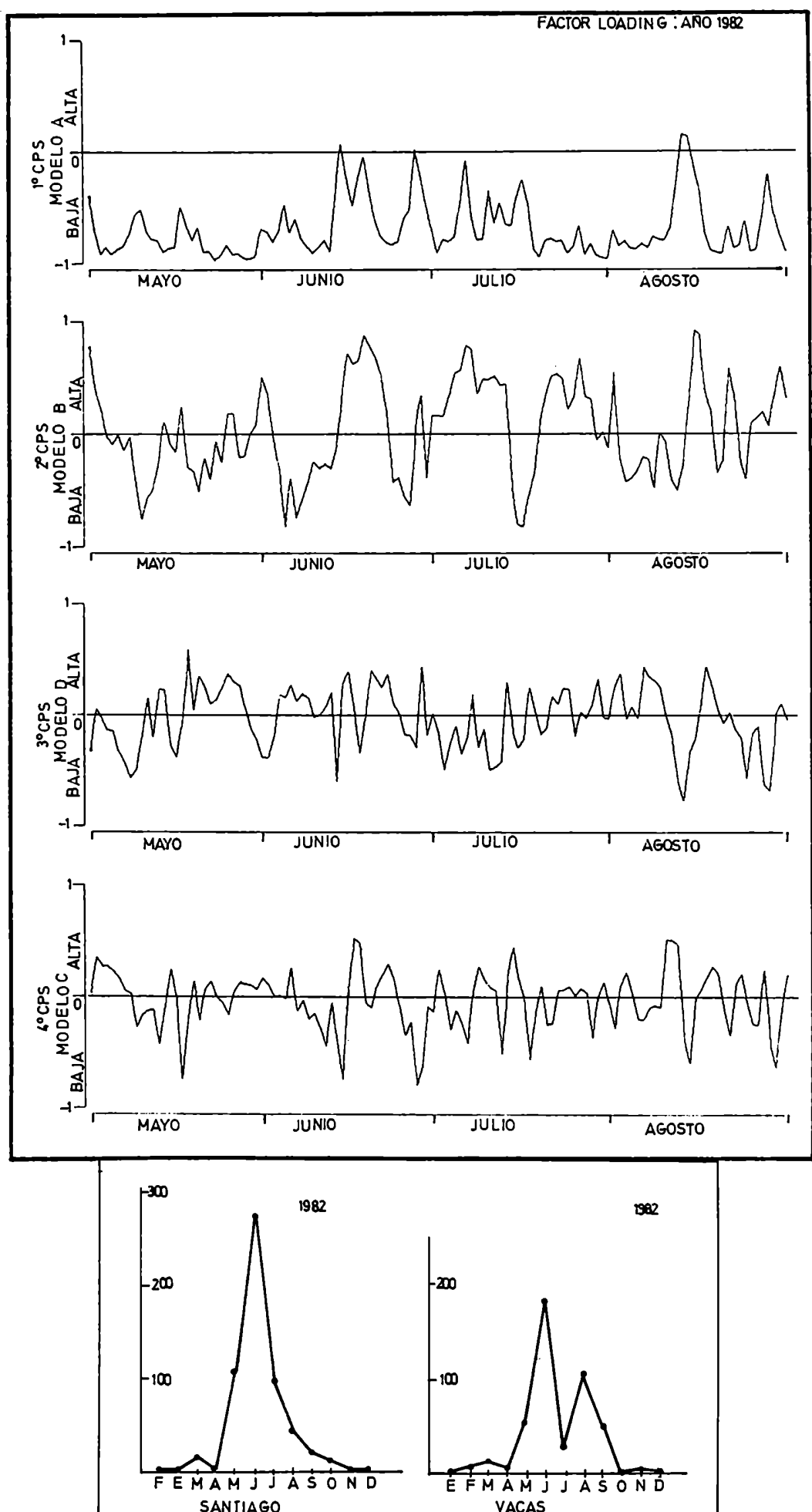


Figura 33: Series de tiempo de los factores de carga (arriba) y precipitación en: Santiago de Chile y Punta de Vacas (abajo) para el año 1982.

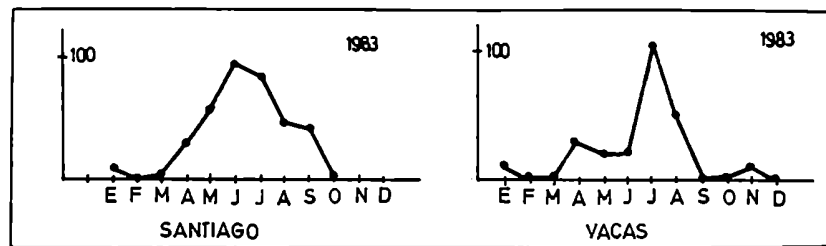
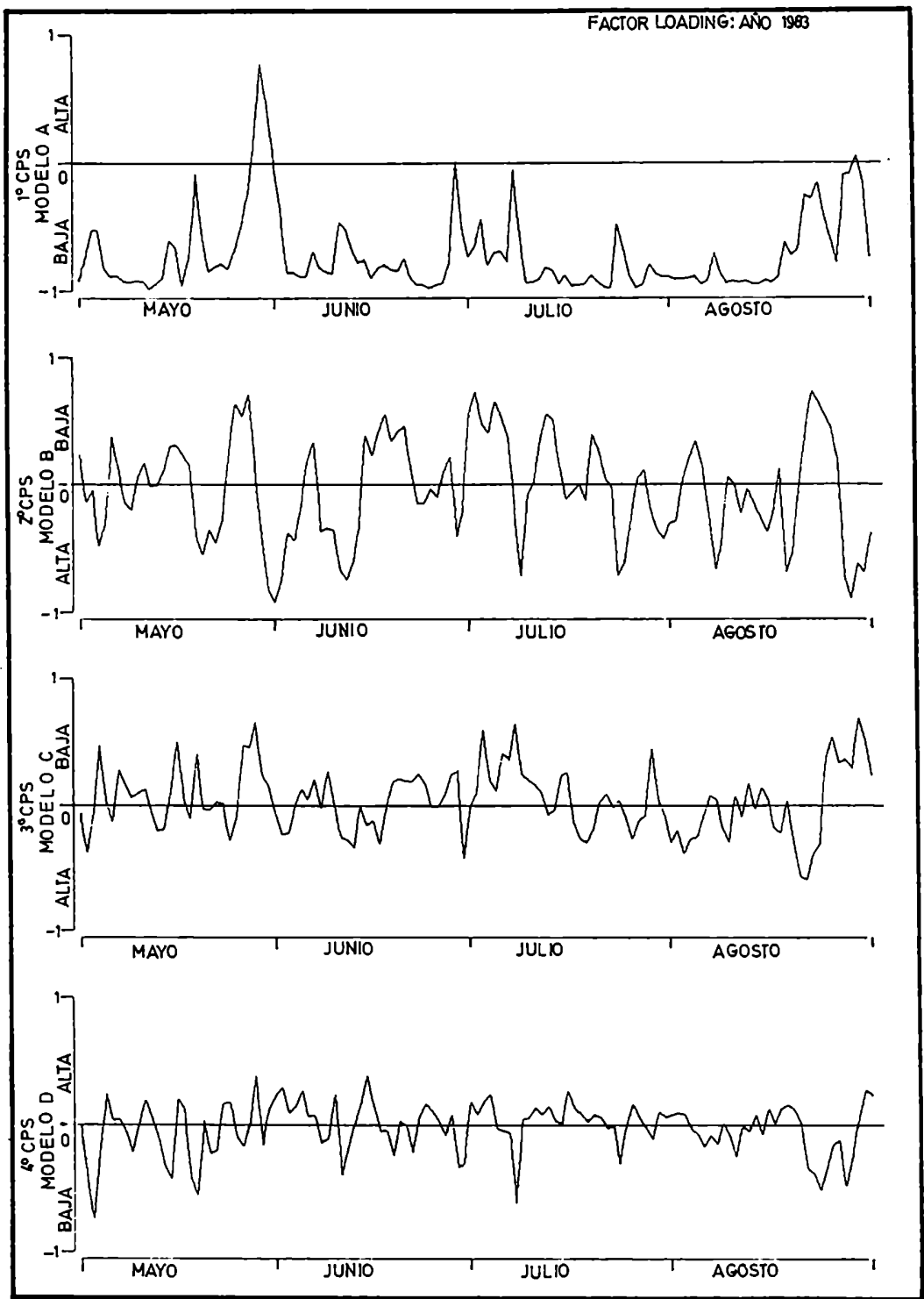


Figura 34: Series de tiempo de los factores de carga (arriba) y precipitación en: Santiago de Chile y Punta de Vacas (abajo) para el año 1983.

A partir de las series de tiempo de los factor-loadings se puede concluir que:

-Las características de la circulación no siempre se mantienen a través de los cuatro meses analizados, por lo que no se considera posible poder pronosticar las condiciones de Junio, Julio ó Agosto a través del diagnóstico de Mayo. Un ejemplo es el año 1973, figura 24, en que la circulación medianamente perturbada en Mayo, es bastante perturbada en Junio y Julio y retorna a una circulación no perturbada en Agosto. Tanto Mayo como Agosto muestran valores del 1º Factor loading cercanos a -1 y menor amplitud y frecuencia en la fluctuación del 2º y 3º factor.

-Nevadas importantes durante el mes de Mayo, caso del año 1981 figura , no son indicativas de un año de precipitaciones sobre lo normal ya que durante Junio, Julio y Agosto pueden haber precipitaciones mínimas. Otros años como 1972, figura 23, 1974 de la figura 25, y 1977 en la figura 28, tienen altas precipitaciones durante mayo, suceso que se repite durante el resto del invierno ocasionando un total invernal superior al medio. -En casi la totalidad de los años puede observarse que a medida que el campo de superficie está más perturbado, equivalente a que los factor-loadings de la 1ºCPs difieran de -1, es mayor la precipitación en ambas pendientes de la Cordillera, y viceversa, en los períodos en que el 1º factor es similar a -1, situaciones en que el campo real se asemeja al campo medio, la precipitación es escasa, casi nula.

4 PRECIPITACION EN LA CORDILLERA DE LOS ANDES ENTRE 30°S Y 40°S

4.1. - Consideraciones generales y algunos antecedentes del análisis de la precipitación en el área de la Cordillera de los Andes entre 3000 y 4000 :

La región de Cuyo comprendida por las provincias de La Rioja, San Juan, San Luis y Mendoza, tienen un clima semiárido. La economía del área , en especial las provincias de Mendoza y San Juan, está basada en gran medida en los cultivos bajo riego que dependen de los ríos, de los sistemas artificiales formados por canales y acequias , y del agua proveniente de los pozos.

Los caudales de los ríos San Juan, Mendoza, Tunuyán, Diamante y Atuel que riegan el área, son de régimen nival o sea que presentan una relación directa entre sus volúmenes y la precipitación nival caída en la Alta Cordillera de los Andes Centrales, fuente de alimentación de las cuencas, como lo señalan diversos autores asistentes a las " Primeras Jornadas de Nivología" y las " Jornadas del Agua y el Futuro Regional ". Menegazzo de García y S.M . Radicella (1982) encuentran un coeficiente de correlación altamente significativo en la relación lineal entre la precipitación en Santiago de Chile y los caudales de los ríos cuyanos. Minetti J.L. (1985), a su vez , obtuvo otros tipos de ajustes significativos en la relación entre precipitación y escurrimiento.

Podemos ver en la figura(35) los registros de total invernal de precipitación en Santiago de Chile, y en Puente del Inca y los caudales del río Mendoza obtenidos en Cacheuta. Es notoria la relación entre los mismos : se ven las mismas tendencias

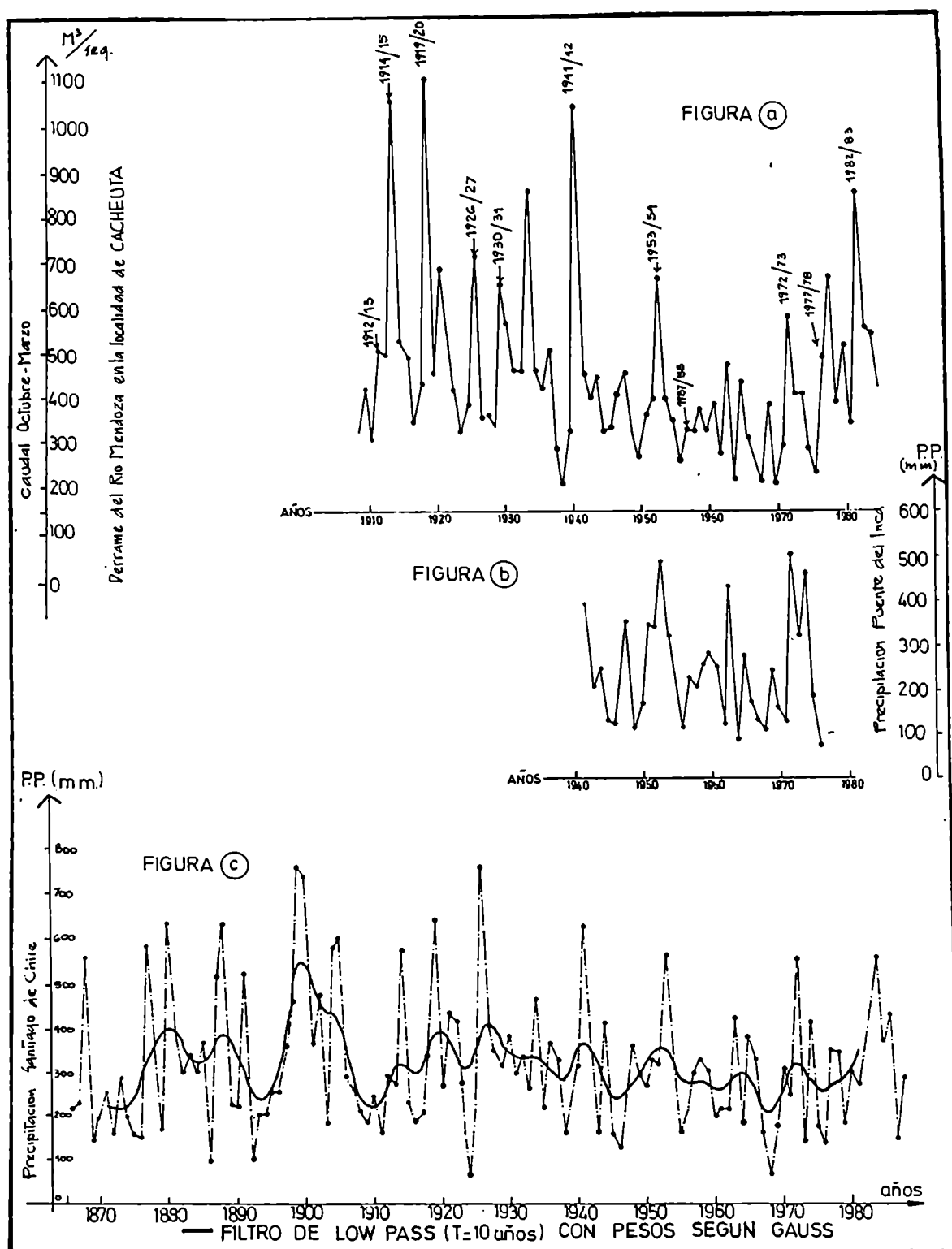


Figura 35: Precipitación invernal (Abril a Setiembre) en Santiago de Chile (Figura c) y Puente del Inca (figura b) y caudal del río Mendoza medido en Cacheuta (figura a), del verano (octubre a marzo)

y fluctuaciones. Por ello, cuando se intenta dar respuesta a las preguntas sobre el origen de las fluctuaciones periódicas y aperiódicas de los caudales, es necesario estudiar previamente el régimen de precipitación y su relación con la circulación atmosférica.

Ereño C.E. y J.A.J. Hoffmann (1978) señalan : "..el valor económico de la precipitación en un lugar o una región están intimamente relacionados con el régimen pluvial de la misma, que quiere decir, la distribución geográfica y estacional de las cantidades de agua precipitada y la magnitud de las variaciones aperiódicas.....". Desde este punto de vista, la precipitación en Cuyo es de un alto valor económico, de allí la importancia de conocer su régimen y realizar un diagnóstico del mismo.

Resumiendo, las características generales de la precipitación en Cuyo son :

_19 : En el llano del pedemonte ubicado al este de la Cordillera , el régimen es primordialmente de verano, con precipitaciones escasas cuyos promedios oscilan en Mendoza alrededor de los 200mm. , en San Juan de 70mm. , La Rioja con 300mm. y San Luis con 470mm.de totales para los meses de Octubre a Marzo. Compagnucci R. y W. Vargas (1983) encuentran una gran variabilidad de los totales estivales, registrando cuasi-ciclos de 18 años. La precipitación invernal en el área del llano Cuyano, es aún menor y de acuerdo a Compagnucci y Boninsegna(1979) no se registran tendencias o ciclos significativos pudiendo considerar su varianza como producto del azar.

_20 : La precipitación en la Cordillera de los Andes ocurre

en casi su totalidad durante los meses de Mayo a Agosto y muestra una gran variabilidad interanual, con tendencias hacia los largos períodos.

En este trabajo un objetivo es mejorar la comprensión de las fluctuaciones climáticas del régimen de precipitación en la Cordillera de los Andes Centrales entre 300S y 400S, por ello en esta parte se analiza en forma detallada algunos aspectos del régimen y sus fluctuaciones.

4.2.-Datos Utilizados:

Los datos de precipitación fueron facilitados por el Servicio Meteorológico Nacional, Hidronor, Inta, Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas Mendoza, y Agua y Energía de la Nación. La información de las estaciones de Chile fue extraída de la revista CORFO (1971) y facilitada por el Servicio Meteorológico de Chile.

Se consideraron aquellas estaciones meteorológicas con registros más extensos y completos, las mismas se muestran en la figura (36) y en la tabla (15) . En el área existen otras estaciones que no se consideraron por tener registros cortos o muy discontinuos.

Lamentablemente, algunas estaciones cuya información es clave para este estudio, como lo son Puente del Inca, Valle Hermoso y Valle de los Patos, fueron suspendidas y sus registros llegan hasta 1976, 1979 y 1981 respectivamente. Esto hizo que se tome a la estación Santiago de Chile como referencia del análisis

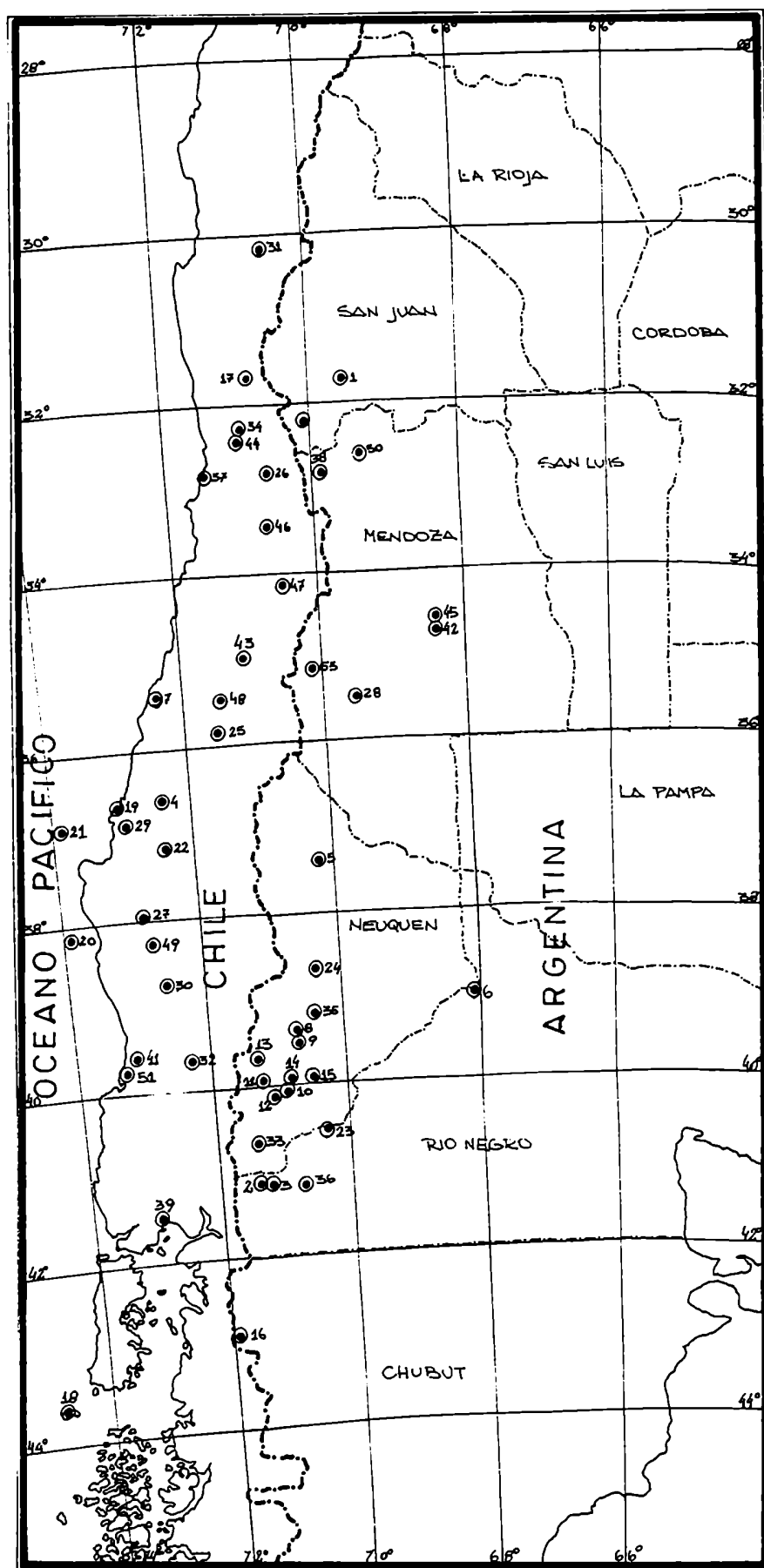


Figura 36: Red de estaciones utilizada para el análisis de la precipitación en la Cordillera de los Andes.

Número de la estación	Nombre y País	latitud	longitud	altura de la estación (mtrs.)	Período de registro	número de pares
1	Barreal (Arg)	31°39'	69°29'	1750	1942-1977	23
2	Bariloche aero (Arg)	41°09'	71°10'	836	1951-1979	28
3	Bariloche ciu. (Arg)	41°09'	71°18'	825	1913-1950	41
4	Chillan (Chile)	36°36'	72°26'	144	1884-1968	53
5	Chos Malal (Arg)	37°23'	70°15'	848	1892-1976	64
6	Cipolletti (Arg)	38°56'	68°01'	265	1903-1978	72
7	Constitución (Chile)	35°20'	72°26'	2	1918-1968	43
8	Ea. Belise (Arg)	39°21'	70°41'	1150	1940-1980	29
9	Ea. Campo Grande (Arg)	39°30'	70°38'	968	1947-1980	32
10	Ea. Cerro de los Pinos(Arg)	40°06'	71°01'	740	1937-1973	36
11	Ea. Collun Co (Arg)	39°58'	71°12'	875	1912-1981	68
12	Ea. Chacaval (Arg)	40°03'	70°56'	75	1928-1980	49
13	Ea. Mamuil Malal (Arg)	39°40'	71°16'	850	1935-1972	37
14	Ea. San Ignacio (Arg)	39°53'	70°31'	700	1959-1980	22
15	Ea. Santa Isabel (Arg)	39°53'	70°31'	925	1956-1979	22
16	Esquel (Arg)	42°54'	71°54'	566	1896-1960	
17	Hda. San Agustín (Chile)	31°43'	70°50'	1020	1920-1967	41
18	Isla Guafo (Chile)	43°34'	74°45'	140	1908-1968	43
19	Isla Quiriquina (Chile)	36°38'	73°04'	20	1873-1960	68
20	Isla Mocha (Chile)	38°21'	73°58'	23	1914-1968	47
21	Isla Santa María (Chile)	36°59'	73°32'	79	1913-1968	52
22	La Aguada (Chile)	37°10'	72°25'	150	1911-1960	54
23	Lago Traful (Arg)	40°41'	71°20'	800	1923-1976	48
24	Las Lajas (Arg)	38°32'	70°23'	713	1918-1973	53
25	Linares (Chile)	35°51'	71°36'	157	1917-1967	43
26	Los Andes (Chile)	32°50'	70°36'	816	1907-1967	50
27	Los Sauces (Chile)	37°59'	72°49'	111	1912-1968	56
28	Malargue (Arg)	35°30'	69°35'	1423	1914-1978	56
29	Non Quen (Chile)	36°52'	72°58'	145	1918-1967	50
30	Padre de las Casas (Chile)	38°36'	72°35'	111	1913-1968	56
31	Paihuano (Chile)	30°02'	70°30'	1004	1917-1968	44
32	Panquipulli (Chile)	39°41'	72°28'	140	1914-1968	55
33	Paso Limay (Arg)	40°31'	70°20'	545	1904-1969	36
34	Petrorca (Chile)	32°15'	70°58'	501	1927-1968	42
35	Picun Leufú (Arg)	39°07'	70°26'	1200	1902-1954	43
36	Pilcaniyeu (Arg)	41°09'	70°41'	1200	1942-1974	19
37	Puchancavi (Chile)	32°44'	71°26'	117	1938-1968	31
38	Puente del Inca (Arg)	32°49'	69°54'	2720	1941-1976	35
39	Puerto Montt (Chile)	41°28'	72°56'	13	1870-1963	51
40	Punta de Vacas (Arg)	32°51'	69°46'	2450	1955-1985	30
41	Punta Tumbes (Chile)	39°37'	73°07'	120	1903-1968	65
42	Rama Caida (Arg)	34°40'	68°23'	712	1927-1980	53
43	Romerol (Chile)	34°50'	71°05'	294	1928-1968	41
44	San Lorenzo (Chile)	32°25'	71°02'	270	1917-1969	53
45	San Rafael (Arg)	34°35'	68°24'	746	1905-1977	69
46	Santiago de Chile (Chile)	33°27'	70°42'	520	1866-1986	
47	Sitio-K (Chile)	34°07'	70°31'	1672	1921-1968	48
48	Talca (Chile)	35°26'	71°41'	97	1882-1963	57
49	Traiguén (Chile)	38°15'	72°40'	170	1912-1968	54
50	Uspallata (Arg)	32°36'	69°20'	1891	1949-1977	17
51	Valdivia (Chile)	39°48'	73°14'	5	1880-1967	79
52	Valle de los Patos (Arg)	32°14'	70°06'	2800	1965-1981	17
53	Valle Hermoso (Arg)	35°09'	70°12'	2295	1951-1979	27

Tabla 15: Número, nombre, latitud, longitud, altura y record del registro de las estaciones utilizadas para el análisis de la precipitación en la Cordillera de los Andes.

de la precipitación en la Cordillera. La misma consta del registro más extenso de los disponibles para el área estudiada, y se extiende desde 1866 hasta la fecha. La información es completa y ha sido usada para caracterizar el clima de la zona y sus fluctuaciones. Respecto a los antecedentes principales, Lamb (1972) encontró relación entre la precipitación en Santiago y la acumulación de nieve en la estación Byrd de la Antártida. Benitez (1973) realizó algunos análisis estadísticos de los datos de la estación. La Marche (1975) obtuvo valores de precipitación extrapolados hasta el año 1010 a partir de la relación entre los datos de Santiago y cronologías de anchos de anillos de árboles en la localidad de "El Asiento". Corte y Espisúa (1981) utilizaron los valores de precipitación así extrapolados en el análisis de las fluctuaciones registradas por los glaciares ubicados en la pendiente argentina de la Cordillera.

Los anteriores son sólo algunos ejemplos de trabajos típicos realizados utilizando a la serie de precipitación de Santiago de Chile como representativa de la caída en el área de la Cordillera, y considerada por Hofmann (1968) en las " Primeras Jornadas de Nivoglaciología" como el mejor registro disponible para este tipo de estudios.

4.3.- Coherencia espacial de la precipitación en la Cordillera:

La información disponible del área de Cordillera es escasa, sólo se cuenta con registros muy interrumpidos, cortos, y los mismos tienen una superposición pequeña ó en algunos casos nula, como es posible apreciar en la tabla(15) donde figura el período

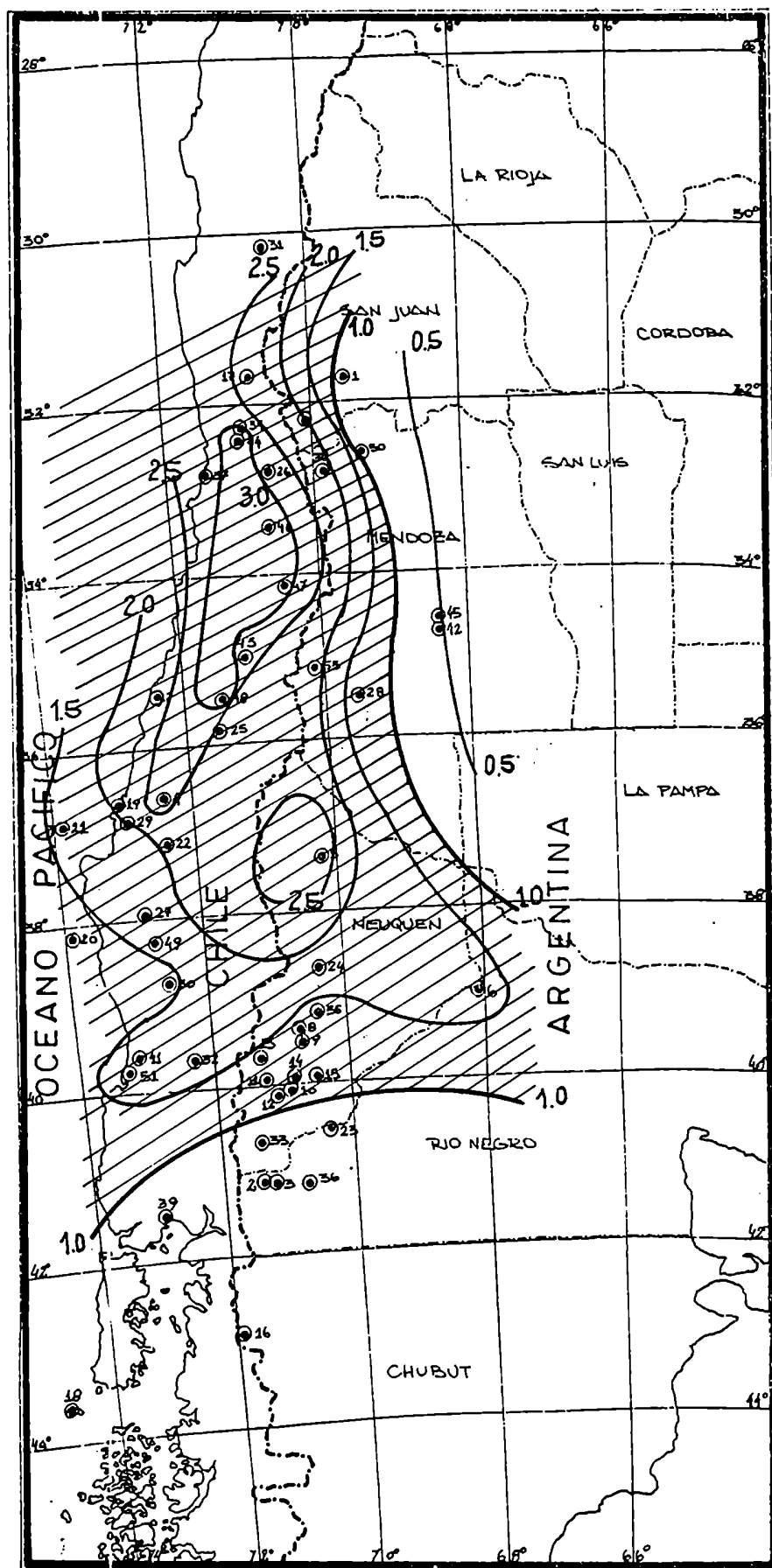


Figura 37: Estructura espacial de la función de correlación entre Santiago de Chile y estaciones a sotavento y barlovento de la Cordillera. Se utilizaron los datos correspondientes a las estaciones marcadas en la fig. 35. Las isolíneas corresponden a coeficientes de correlación corregido (r/r), valores mayores que 1.0 indican relación significativamente nula.

de registro de las estaciones meteorológicas aquí consideradas.

Una forma de utilizar al máximo de sus posibilidades la información disponible y salvar sus falencias, es analizar los datos de puntos particulares y tratar de conocer las escalas temporales y regionales en la que ellos son representativos del régimen ó al menos de alguna particularidad del mismo.

Para ello se calcula la interdependencia espacial de la precipitación. Se utiliza como medida de la coherencia al coeficiente de correlación pues no requiere secuencialidad en los datos, de esta manera se puede obviar la falta de simultaneidad en la observación entre las estaciones, requiriéndose sólo una estación de referencia cuyo registro cubra el total del período y no presente interrupciones. A fin de salvar el inconveniente que se genera al tratar de relacionar coeficientes de correlación lineal calculados a partir de distinto número de pares de datos, se calculan los coeficientes de correlación "corregidos" , llamando así al cociente entre el coeficiente de correlación lineal y el valor límite de correlación no nula para un nivel de significancia de 0.05 , según Student . Estos nuevos coeficientes son comparables entre sí independientemente del número de datos a partir del cual fueron calculados, y un valor mayor que uno del coeficiente de correlación "corregido" indica una relación significativamente no nula entre el régimen en la estación considerada y el de la estación de referencia. Este índice es independiente de que se cumplan condiciones de estacionalidad estadística y permite trazar isolneas entre estaciones cuyos períodos de datos no coinciden. La única hipótesis requerida es que las relaciones sean estacionarias .

En la figura(38) se observan las isolíneas de coeficiente de correlación "corregido" (r_{cc}) entre el total de precipitación caída entre los meses de Abril a Septiembre en la estación Santiago de Chile tomada como referencia, y las cincuenta y dos estaciones del área señaladas en la figura (36). La función de correlación aparentemente es la misma al norte que al sur de Santiago y esto indicaría que dicha estación meteorológica no está ubicada en una zona de régimen fluctuante. Hacia el oeste de Santiago es difícil determinar lo que ocurre debido a que casi inmediatamente se encuentra el Océano Pacífico. Al este de Santiago se observa una rápida disminución del coeficiente a valores menores que uno, indicando la pérdida de conexión con el régimen imperante en Santiago a partir de la estación de Uspallata y al este de la misma. La zona dentro de la cual cabría esperarse características del régimen similares a las de Santiago es el área comprendida dentro de la isolínea de valor uno del coeficiente. Al sur de Santiago de Chile, donde la cordillera es más baja, la relación es significativa más hacia el este; así vemos que mientras San Rafael y San Carlos tienen coeficientes menores que uno, Cipolletti tiene un coeficiente que indica relación significativamente no nula con Santiago. Esto puede deberse también a que gran parte de los frentes que producen precipitación en Santiago forman parte de un sistema de Bjerknes de dirección noroeste a sudeste, con un centro de baja presión al oeste de Santiago y una rama caliente o semi estacionaria ubicada en las cercanías de Neuquen que produce precipitación también en Cipolletti.

Al sur del paralelo 40°S deja de ser significativa la

relación con Santiago , observamos que Bariloche tiene un coeficiente menor que uno, esta falta de relación no sólo se debe al cambio de ubicación de la estación que discontinuó y alteró el registro sino también al cambio de régimen de la zona pues estaciones como Paso Limay y Lago Traful tampoco muestran relación significativa con Santiago. La latitud 40°S coincide aproximadamente con el límite superior del flujo de los vientos del campo medio de presión de superficie de los meses de invierno, figura(11).

Las mayores relaciones con Santiago sugieren un eje sud-sudoeste del lado chileno a través de las estaciones Santiago -Chillén -Traiguén y un eje sud-sudeste del lado argentino a través de Santiago -Chosmalal -Cipolletti . La estación Chosmalal aunque se encuentra ubicada más hacia el este y más lejana de Santiago que Puente del Inca y Valle Hermoso tiene un coeficiente de relación mayor.

Al norte de 30°S es difícil determinar el límite a partir del cual la relación ya no es significativa, ya que no se cuenta con suficiente densidad y cantidad de información.

A partir de estos resultados, en el presente trabajo se toman los resultados obtenidos para la estación de Santiago de Chile como representativos para el área comprendida dentro de la isolínea de coeficiente 1.0 que se encuentra sombreada en la figura(37), al menos en cuanto a totales invernales se refiere.

4.4.- Marcha estacional del coeficiente de correlación:

Como también en algunos casos es de interés el estudio de la

precipitación en la escala mensual, para corroborar en esta escala temporal, la representatividad del régimen de Santiago en el área definida en el punto anterior, se calculó la marcha del coeficiente de correlación en las estaciones más significativas, ya sea por su ubicación, como por la confiabilidad de sus datos.

En la figura (39), se muestran los coeficientes de correlación para los totales mensuales de precipitación entre Santiago de Chile y las estaciones Puente de Puente del Inca, Malargüe, Chos-Malal, Cipolletti, Esquel y San Rafael. Se señalan en los gráficos los coeficientes de correlación significativamente no-nulos de acuerdo a Fisher (WMO, 1966) para un nivel de significancia de 0.05. Tanto Puente del Inca, como Malargüe y Chos Malal tienen para los meses de Abril a Septiembre relación significativamente no nula con Santiago, Cipolletti sólo tiene relación significativa en los meses de Junio, Julio y Agosto, mientras que Esquel, tomada como ejemplo de una estación al sur de 40°S no muestra relación significativa en ningún mes, y San Rafael ubicada aún más al este que Malargüe tiene un coeficiente de correlación levemente superior al límite en el mes de Agosto y relación no significativa para los restantes meses.

Durante los meses de Octubre a Marzo, se encuentran correlaciones altamente significativas, como lo es el mes de Febrero en Puente del Inca y Chos Malal, esto es producto de la correlación entre valores nulos ya que en Santiago como en esas estaciones la precipitación de verano es casi nula, por otra parte los bajos valores de correlación, de este período, en las estaciones de Malargüe, Cipolletti, Esquel y San Rafael, están indicando la presencia de precipitaciones de verano en estas

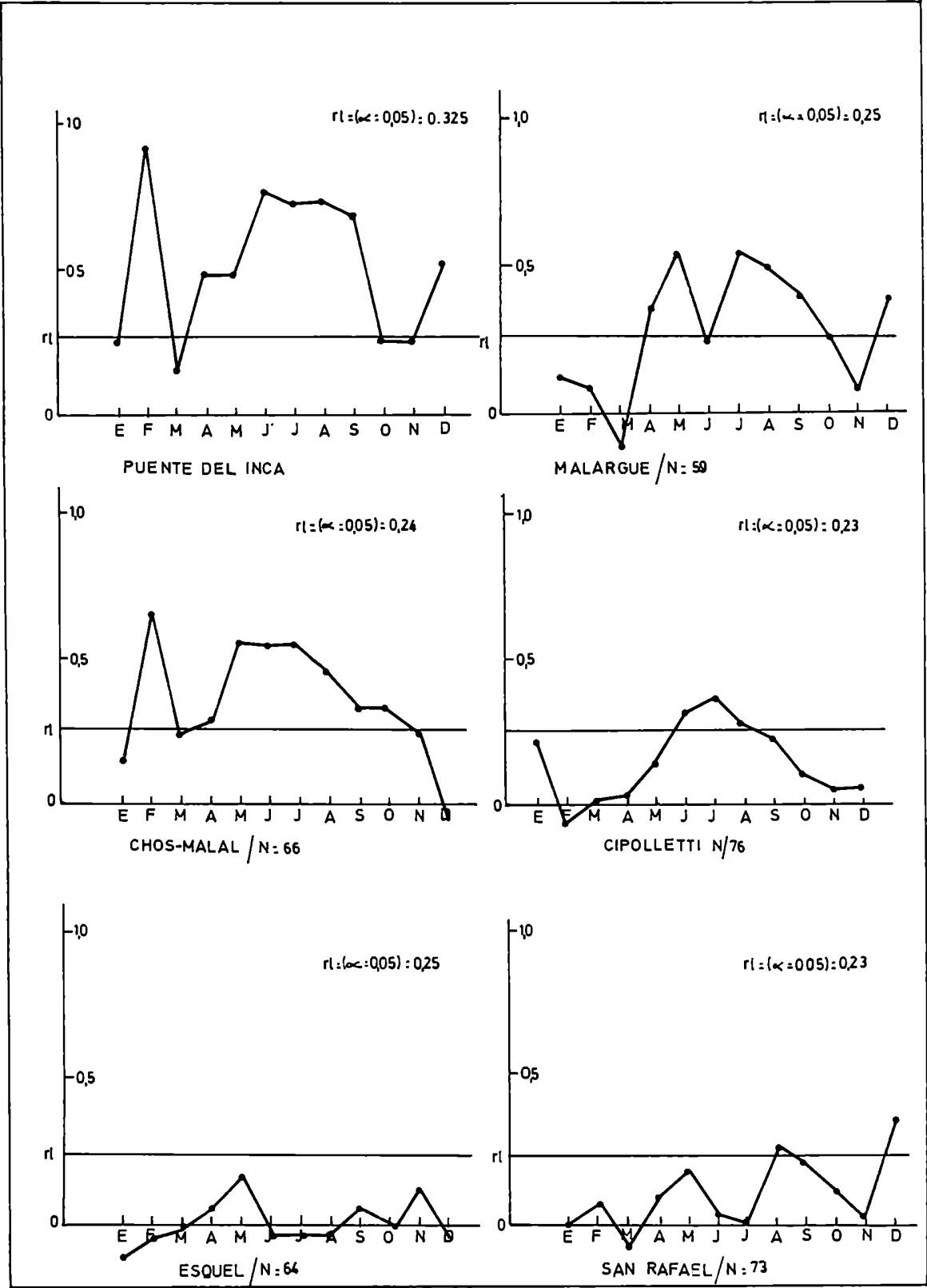


Figura 39: Marcha anual del coeficiente de correlación entre la precipitación en Santiago de Chile y las estaciones de Pueblo del Inca, Malargüe, Chos Malal, Cipolletti, Esquel y San Rafael.

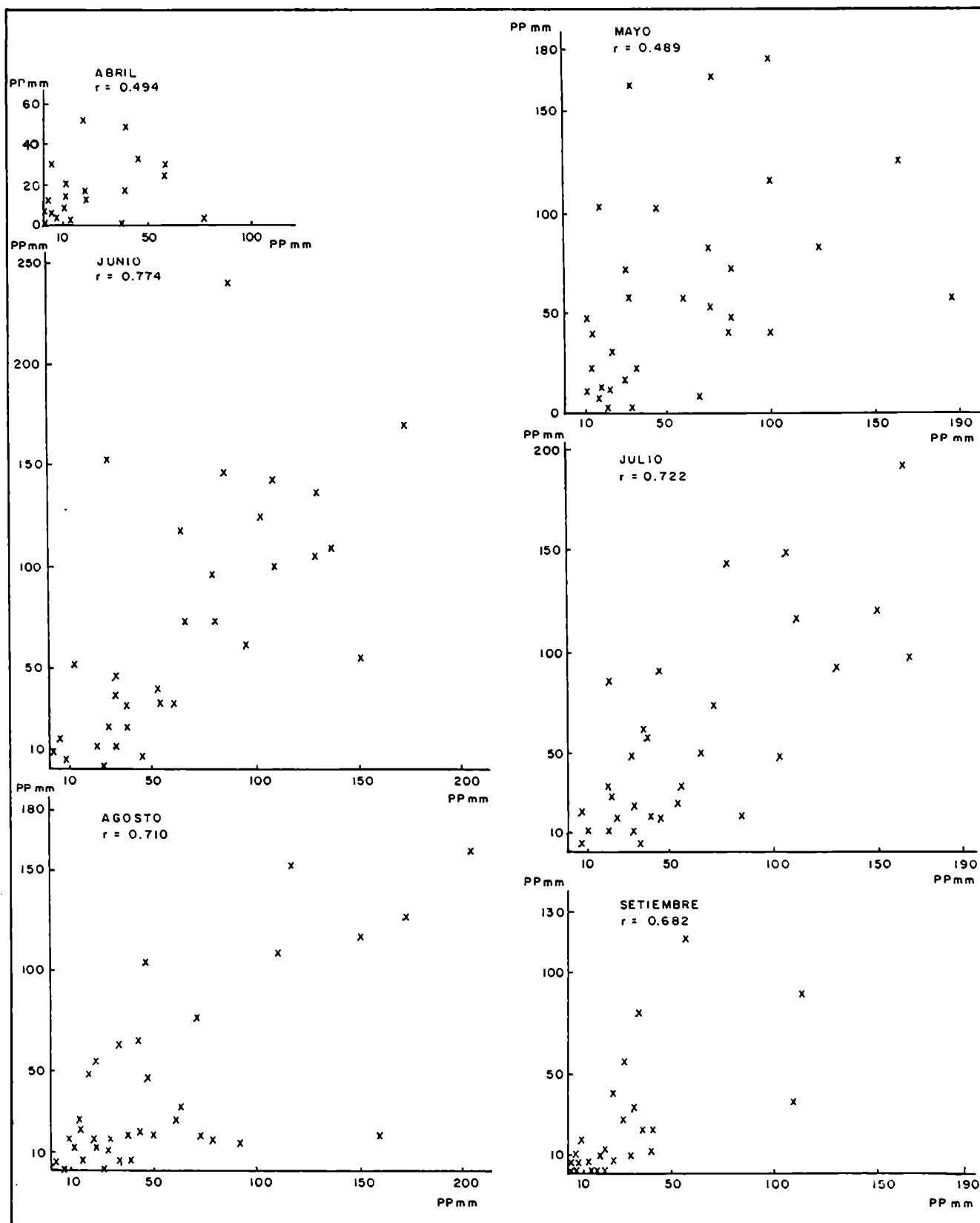


Fig.40: Gráfico de las dispersiones, para los meses de invierno, de las precipitaciones entre Santiago de Chile y Puente del Inca.

estaciones.

Los resultados indican que existe coherencia entre los regímenes de precipitación del área, no sólo cuando se considera los totales invernales, sino también en la escala mensual.

Complementariamente se muestran en la figura(40), los gráficos de dispersión de los valores mensuales de precipitación de Santiago de Chile versus Puente del Inca.

Se observa, que a pesar de ser significativos los coeficientes de correlación, la dependencia entre los totales mensuales de ambas estaciones es más ajustada en los meses de Junio, Julio y Agosto. La dispersión observada en los otros meses sugiere que cualquier inferencia realizada sobre Puente del Inca u alguna otra estación de la pendiente argentina, a partir de los resultados obtenidos utilizando Santiago de Chile, deben ser consideradas con cautela. Sin embargo, dada la falta de información con que se está trabajando, ya que han sido cerradas las estaciones meteorológicas de Argentina que son representativas de la precipitación en las altas cumbres de los Andes, en este estudio se utiliza al registro de Santiago de Chile como la mejor aproximación con que se cuenta. Además permite, dada la longitud de su registro, hacer un estudio histórico del fenómeno.

4.5._ Algunos parámetros estadísticos de la serie de Santiago de Chile:

Mes	Mediana	Media	Desv.Est.	Asimetría	Curtosis
Enero	0,00	1,32	4,76	5,89	44,07
Febrero	0,00	2,22	8,73	7,41	67,59
Marzo	0,00	4,18	8,26	2,34	8,01
Abril	4,50	13,81	21,92	2,81	12,52
Mayo	41,00	59,04	55,47	1,66	5,71
Junio	72,50	81,45	67,26	1,84	8,56
Julio	51,5	74,11	66,89	1,50	8,40
Agosto	40,55	53,15	54,16	2,23	9,09
Setiembre	16,75	27,37	35,84	3,16	16,46
Octubre	7,05	13,72	18,21	2,31	9,26
Noviembre	1,00	7,38	13,50	2,81	13,38
Diciembre	0,00	4,18	11,05	3,36	14,15

Santiago de Chile 1866-1985.

Los valores de la media y la mediana indican que casi la totalidad de la precipitación se registra entre los meses de Mayo a Agosto siendo practicamente nula la precipitación en el período estival. Los valores de desvio estandar , iguales y en algunos casos superiores a los valores medios, indican una gran variabilidad en la serie.

4.6.- Componentes no aleatorias la serie de precipitación de Santiago de Chile:

El análisis de las componentes no aleatorias de la serie de precipitación de Santiago de Chile se realiza para tres escalas temporales con el fin de apreciar distintas frecuencias de variabilidad.

Primeramente se analizan los "ciclos" y "secuencias" de los totales mensuales de precipitación. El filtro de "Low Pass" y el análisis del espectro de potencia del total de la precipitación del período comprendido entre Abril a Septiembre brindan información sobre los cuasi-ciclos y tendencias de mayor período, y finalmente las fluctuaciones de larga longitud de onda se observan en la serie de totales decádicos, obtenida utilizando las cronologías de anchos de anillos de árboles, por La Marche (1975).

4.6.1- Análisis de ciclos y secuencias:

Se entiende por secuencia a la suma de meses consecutivos con la misma propiedad. En este caso la propiedad utilizada es que la precipitación mensual resulte superior o igual que el valor de la mediana del mes considerado. Se calcula la mediana de cada uno de los meses y se compara luego a cada uno de los valores mensuales de toda la serie con la mediana respectiva, considerando anomalía positiva a los valores iguales o superiores que la mediana y negativa a los valores inferiores. De esta manera una secuencia positiva de n-meses es aquella en que

Secuencias			
duración (en meses)	cantidad	duración (en meses)	cantidad
1	128	1	79
2	63	2	32
3	28	3	16
4	14	4	32
5	7	5	28
6	2	6	22
7	2	7	13
8	1	8	8
		9	5
		10	5
		11	2
		12	1
		16	1
		18	1
		19	1

ciclos comenzando con una secuencia positiva			
duración (en meses)	cantidad	duración (en meses)	cantidad
2	45	14	2
3	30	15	1
4	31	16	1
5	32	17	1
6	32	18	0
7	17	19	1
8	16	20	0
9	15	21	0
10	7	22	0
11	8	23	0
12	2	24	1
13	4		

Tabla 16. Distribución de secuencias y ciclos de la serie de desvíos mensuales de precipitación respecto a la mediana en Santiago de Chile.

durante n meses consecutivos el valor de la precipitación correspondió a una anomalía positiva. En la tabla(16) se muestran las distribuciones de secuencias correspondientes a anomalías positivas y negativas.

La distribución de secuencias señala una mayor duración en excesos que en déficit, pues no existen secuencias negativas superiores a los ocho meses, mientras que hay secuencias positivas de hasta 19 meses, concordantemente son más frecuentes las secuencias negativas cortas, de uno dos y tres meses, que las secuencias positivas cortas. Es baja la probabilidad de que durante el período de Mayo a Agosto todos los meses tengan déficit, y es mayor la probabilidad de cuatro meses seguidos con valores sobre la mediana.

Los ciclos son la suma de dos secuencias consecutivas, la tabla muestra la distribución de la duración de los ciclos cuando se los cuenta comenzando con una secuencia positiva.

Los resultados muestran un alto porcentaje de ciclos cortos, menores de seis meses, y pocos casos de ciclos de 11 a 26 meses.

Estos resultados indican que de existir una relación estrecha entre el índice de circulación y la precipitación en Santiago de Chile, es mayor la probabilidad de cambio del índice, de bajo a alto índice y viceversa, en un período de cuatro meses ó menor, que la probabilidad de que el tipo de circulación se mantenga por más de tres ó cuatro meses.

4.6.2.- Filtro de "Low Pass" y Espectro de potencia de la serie de totales invernales de precipitación en Santiago de Chile:

Una de las formas de suavizado es el filtro de "low pass" utilizado para suprimir o atenuar las fluctuaciones de ondas de altas frecuencias contenidas en el dato, dejando en relieve las componentes de baja frecuencia. El intervalo del filtro utilizado es de diez años y los pesos se obtienen mediante el método de Gauss (Mitchell J.M. y otros, 1966).

El valor del dato suavizado \bar{x}_i es igual a :

$$\bar{x}_i = \sum_{j=i-5}^{j=i+5} \sigma_j x_j$$

donde son los valores de la serie de tiempo

son los pesos (0.002 , 0.01 , 0.05 , 0.12 , 0.2 , 0.23 , 0.2 , 0.12 , 0.05 , 0.01 y 0.002) obtenidos por Gauss.

La serie de precipitación de Santiago, resultante de aplicarle el filtro de "low-pass" (figura 35) muestra una tendencia positiva desde el año 1865 hasta aproximadamente 1900 , el máximo de principios del siglo no vuela a repetirse hasta la fecha y a partir de la primera década de este siglo se registra una tendencia negativa cuyo mínimo se observa entre 1967 y 1969, a partir de esos años vuelve a revertirse la tendencia observándose

nuevamente una tendencia positiva en los años de la década del ochenta.

El correlograma y el análisis espectral permiten evaluar la existencia de ciclos en la serie. Las densidades espectrales suavizadas $R(f)$ se calculan de acuerdo con el método de Tukey con ventana de Parzen (Jenkins y Watts, 1968), tal que:

$$\bar{R}(f) = 2 \left\{ 1 + 2 \sum_{k=1}^{L-1} r(k) w(k) \cos(2\pi f k) \right\}$$

$$0 \leq f \leq \frac{1}{2}$$

donde k es el "lag" ó desfase, L es el punto de truncado, $r(k)$ son los coeficientes de correlación seriada para cada desfase y $w(k)$ es la ventana espectral, en este caso corresponde la ventana de Parzen dada por :

$$w(k) = \begin{cases} 1 - 6 \left(\frac{k}{L}\right)^2 + 6 \left(\frac{k}{L}\right)^3 & 0 \leq k \leq \frac{L}{2} \\ 2 \left(1 - \frac{k}{L}\right)^3 & \frac{L}{2} \leq k \leq L \end{cases}$$

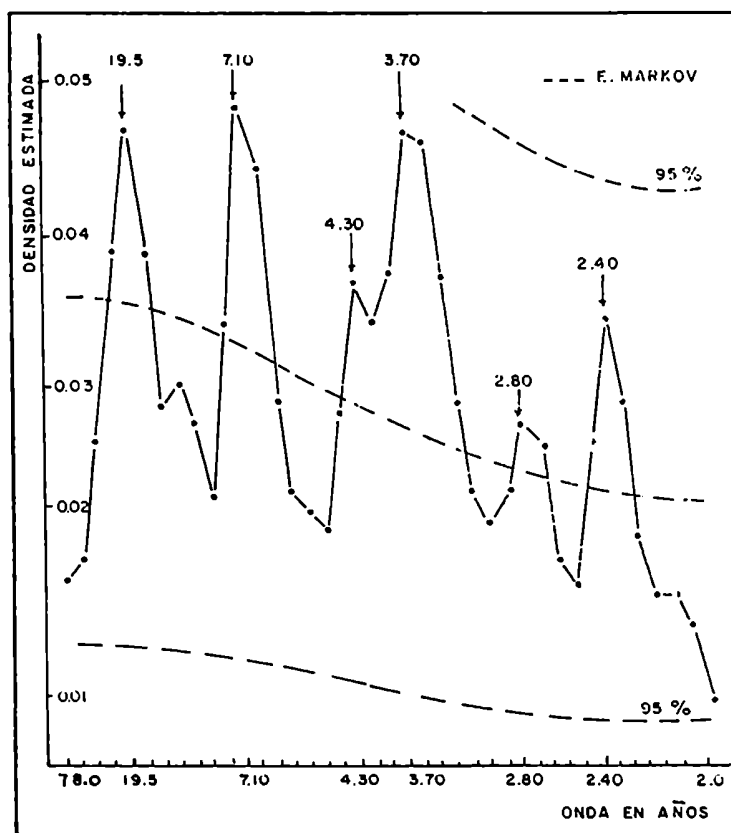


Figura 41: Espectro de la serie de precipitación acumulada durante los meses de abril-setiembre para Santiago de Chile para el período 1866-1984 a la que previamente se le extrajo la tendencia.

En la figura (41) se muestra el espectro de la serie del total de precipitación para los meses comprendidos entre Abril y Septiembre en Santiago de Chile, para el período 1866 a 1982. Se tomó como "lag" máximo ó punto de truncado $L=39$ y a la serie se le extrajo previamente la tendencia, aunque el espectro de la serie con tendencia no difiere significativamente del espectro para la serie sin la tendencia.

El correlograma no presenta valores significativos de correlación serial, de acuerdo al test de Fisher para un nivel de 0.05, salvo los valores correspondientes a desfases de 22 y 33 años.

El espectro confirma los resultados del correlograma, ya que no se registran máximos espectrales significativos al comparar las densidades espectrales con un proceso Markoviano teniendo en cuenta un rango de probabilidad del 90%. Los valores del espectro se mantienen dentro de este rango sugiriendo un proceso dominado por la aleatoriedad, sin embargo se observan algunos "picos" ó máximos de densidad espectral para las ondas de 19.5 años, coincidente con valores significativamente no nulos de correlación serial, 7.1 años, 4.3 años, 3.7 años, 2.8 años y 2.4 años. Los primeros tres podían ser representativos de fluctuaciones cuasi periódicas de la precipitación de toda el área, ya que los espectros de la serie de Puente del Inca para el período de 1942 a 1976 y la de Santiago para ese mismo período muestran máximos en esos valores. En la figura (35) se aprecia que las series de precipitación de Santiago de Chile y Puente del Inca, y la serie de derrames del río Mendoza en la localidad de Cacheuta, esta última se puede considerar como la síntesis de la

precipitación nival en las altas cumbres de la Cordillera para el área analizada, muestran los mismos máximos y mínimos, los cuales pueden responder a los cuasi ciclos señalados por los máximos espectrales de la serie de Santiago.

4.6.3.-Serie de precipitación en Santiago de Chile extendida hasta el año 1010 :

La Marche (1975) obtuvo la serie de los promedios decádicos de precipitación para Santiago de Chile del período 1010 a 1960, extrapolando los valores a partir de las cronologías de anchos de anillos de árboles ubicados en la localidad "El Asiento". La ecuación de reconstrucción utilizada fue:

$$\log. pp. Santiago = a + b \times y(t)$$

en la cual $y(t)$ es el dato de la cronología.

Utilizó la precipitación de Santiago del período 1867 a 1971 y el coeficiente de correlación obtenido entre los valores reales de precipitación y los extrapolados mediante la ecuación de reconstrucción fue de $r=+0.67$.

En la figura (42) se muestra la serie de promedios decádicos de precipitación así obtenidos. En ella se observa que en los últimos trecientos años no se registraron valores máximos ó mínimos extremos. En otros períodos históricos como el lapso

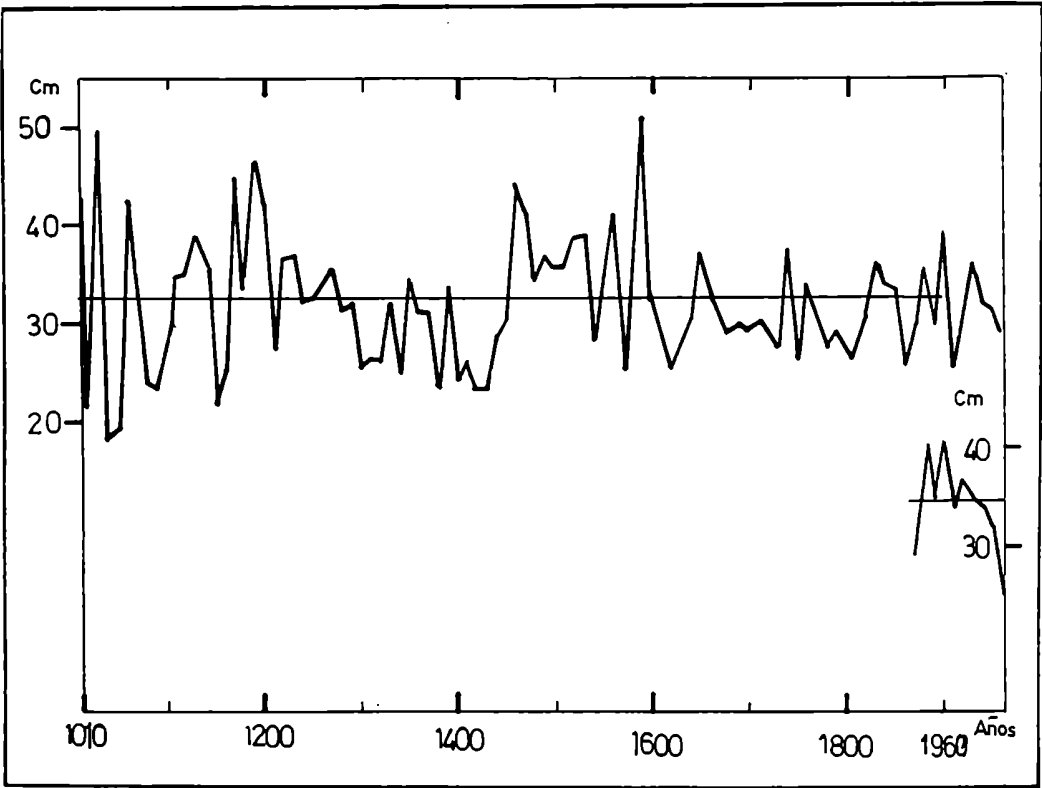


Figura 42: Series de promedios decádicos para la precipitación en Santiago de Chile (La Marche, 1975).

de 1420 a 1580 aproximadamente, se registraron valores notablemente superiores a los actuales . Los estudios realizados de los glaciares Andinos , señalan en un pasado próximo avances de los glaciares respecto a su posición actual . poner bibliografía Suarez, Corte y Cobos.

Según los valores decádicos de la serie reconstruida, el período 1972 a 1983 que es del interés de este trabajo, tendría valores similares a los medios, con una variabilidad menor que la registrada en los períodos precedentes , y la tendencia negativa, que se observó en las últimas décadas parece formar parte de cuasi ciclos de alrededor de 200 años. Esto se deduce porque los máximos de la serie 1010-1960 están separados en aproximadamente 200 años.

5- EL NIÑO

5.1- Descripción del fenómeno "El Niño" :

El término "El Niño" se refería originalmente a una corriente cálida que se desplaza al sur del Ecuador a lo largo de las costas peruanas y ecuatorianas, durante los meses de Enero, Febrero y Marzo, reemplazando las aguas frías de superficie.

Este evento que sucede anualmente, marca el fin de la temporada local de pesca durante la cual la temperatura de la superficie oceánica es baja y los vientos alisios del sudeste son intensos.

En algunos años las temperaturas, durante la estación cálida, son excepcionalmente altas y continúan así en los meses posteriores, durante los cuales en situaciones normales, se restablece la corriente ascendente de aguas frías proveniente del sur. Durante esos años "El Niño" resulta más intenso y prolongado, convirtiéndose, por la extensión espacio - temporal de los eventos que lo acompañan, en una anomalía climática de gran escala. Actualmente se denomina como fenómeno "El Niño" o episodio ENSO sólo aquellos eventos interanuales que son anormales a causa de su intensidad y extensión. (Philander S.G., 1983).

Los fenómenos comúnmente asociados con el evento "El Niño" son: temperaturas anormalmente cálidas en las aguas del Océano Pacífico Ecuatorial, falta ó disminución de las lluvias monzónicas de verano en la India, sequía en Hawai y lluvias excesivas en Perú.

Bjerknes (1966) realizó el primer aporte importante hacia la explicación del evento , al mostrar la relación existente entre el calentamiento de las aguas del Pacífico oriental y anomalías en el sistema de presión consistentes en la disminución de la presión en el sistema de altas semipermanentes del Pacífico Sur y el aumento de la presión en el sistema de bajas ubicado sobre Indonesia y el norte de Australia. La fluctuación de la presión en estos sistemas se denomina Oscilación Sur y fue descubierta por Walker G. (1924) y el gradiente de presión entre el este y el oeste del Océano Pacífico se denomina índice de Oscilación Sur.

En condiciones habituales, altos valores de presión en el sistema de altas ubicado sobre la Isla de Pascua se corresponden con valores bajos de presión en el sistema sobre Indonesia y Australia, este gradiente da origen a vientos alisios del Este a lo largo del Ecuador. Estos vientos acumulan agua caliente en el sector oriental del océano Pacífico elevando en unos 40 cm. el nivel del mar y ahondan la termoclina, que es el intervalo de separación entre la capa cálida y superficial y las capas subyacentes más frías, hasta una profundidad de unos 200 mts. . Frente a las costas de América del Sur, donde los vientos alisios pulsan las aguas mar adentro, la termoclina es reducida y el agua fría aflora a la superficie. En Indonesia , la convergencia de, los vientos del oeste y los alisios provocan el ascenso de las masas de aire y desencadenan lluvias torrenciales, al mismo tiempo en el Pacífico central y las costas de Perú y Ecuador el tiempo es seco.

En oposición, durante los episodios "El Niño" , disminuyen

AÑO	INTENSIDAD DEL EVENTO	FUENTE DE LA CLAVE	AÑO	INTENSIDAD DEL EVENTO	FUENTE DE LA CLAVE
1726	(3)	G	1896	(3)	P, R
1728	(4)	A, G	1899	(4)	D, PI, R
1763	(4)	A	1900	(3)	PI, R
1770	(4)	A	1902	(3)	PI, R
1791	4 (4)	A, B	1905	(3)	PI, R
1803	2	B	1911	(4)	F, E, PI
1804	4 (4)	B	1912	(3)	F, PI
1814	4 (4)	B	1914	(3)	G, PI, R
1817	3 (3)	B	1917	(2)	H
1819	3 (3)	B	1918	(4)	C, D, PI
1821	3 (3)	B	1919	(3)	D, PI, R
1824	3 (3)	B	1923	(2)	H, PI
1828	4 (4)	A, B	1925	(4)	D, E, PI
1829	1	B	1926	(4)	P, PI, T
1832	3 (3)	B	1929	(3)	G, I, PI
1837	3 (3)	B	1930	(3)	G, PI, T
1844	3 (2)	B, PC	1932	(2)	E, I, J
1845	4 (4)	B, C, PC	1939	(3)	E, J, T
1846	2 (3)	B, PC	1940	(2)	C, PI, T
1850	2 (2)	B, PC	1941	(4)	E, K, T
1852	2 (2)	B, PC	1943	(2)	G, T, R
1854	2	B	1944	(2)	PI, T
1855	(2)	PC	1946	(1)	PI, R
1857	2 (2)	B, PC	1948	(1)	PI, T, R
1862	2	B	1951	(2)	G, PI, T
1864	4 (4)	A, B, PI	1953	(3)	G, E, T
1866	2	B	1957	(4)	G, L, PI
1868	1 (3)	B, C, PI	1958	(4)	G, L, PI
1871	4 (3)	A, B, C	1963	(1)	PI, R
1873	(2)	PI	1965	(3)	M, PI, T
1875	1 (1)	B, PC	1969	(2)	PI, T, R
1877	4 (4)	A, B, PI	1972	(4)	N, O, PI
1878	4 (4)	A, B, PI	1973	(4)	N, O, T
1880	2 (3)	B, PI	1975	(1)	P, PI, T
1884	4 (4)	A, B, PI	1976	(3)	Q, PI, T
1885	(3)	PI			
1887	2 (3)	B, PI			
1888	2 (3)	B, PI			
1889	1 (1)	B, PI			
1891	(4)	D, E, PI			

CLAVE	FUENTE	CLAVE	FUENTE
A	Frijlinck (1925)	L	Woostes (1960)
B	Eguiguren (1894)	M	Guillen (1967)
C	Hutchinson (1950)	N	Idyll (1973)
D	Murphy (1923, 1926)	O	Caviedes (1975)
E	Sears (1954)	P	Wyrcki y otros (1976)
F	Forbes (1914)	Q	Quinn (1976)
G	Schweigger (1861)	R	Lluvias ecuatoriales o en Perú
H	Lavalle (1917, 1924)	T	Temperatura de la su- perficie del mar de Perú
I	Shepard (1930, 1933)	PC	Componente de presión del índice de oscila- ción Sur
J	Mears (1944)	PI	Índice de oscilación Sur
K	Lobell (1942)		

Tabla 17: Eventos "El Niño" clasificados de acuerdo a su intensidad en (4) fuertes,(3) moderados,(2) débiles y (1) muy débiles (Quinn,1978)

las presiones en el sistema de altas y aumentan en el sistema de bajas de tal manera que al disminuir el gradiente de presión los vientos alisios decaen y se restituyen los vientos del oeste. En la costa este y en el Pacífico Central, aumenta la temperatura del agua de superficie y se invierten las condiciones del tiempo. Los ascensos de masas de aire en las costas de Perú y Ecuador provocan lluvias copiosas y se registran simultaneamente sequias en la India. (Ramage, 1986) .

La relación entre el fenómeno "El Niño" y la Oscilación Sur, se denomina comunmente ENSO y señala la interacción en gran escala entre la atmósfera y el océano. Esta relación fue motivo de numerosos trabajos entre los que se cuentan Rasmusson E. M. y T. H. Carpenter (1982) y Rasmusson E. M. y J. M. Wallace (1983), basados en estudios estadísticos de fenómenos pasados. Sus resultados confirman la estrecha interacción entre las fluctuaciones de temperatura del agua oceánica y las variaciones en la intensidad de los alisios.

Desde el punto de vista de la circulación atmosférica, "El Niño" involucra una anomalía del campo de presión de superficie, al menos en bajas latitudes en el área del Océano Pacífico Sur, la misma se cuantifica a través del índice de Oscilación Sur. Tambien, algunos trabajos como el de Caviedes (1974) y Quinn W. y V. Neal (1983) señalan que "El Niño" está relacionado con anomalías positivas de la precipitación en la Cordillera de los Andes Centrales en latitudes medias.

En el presente trabajo se intenta realizar un nuevo aporte en este sentido , analizando la relación entre la ocurrencia de "El Niño" , la variabilidad de la precipitación en la Cordillera

de los Andes y particularidades en el campo de presión de su superficie del área del Cono sur de Sudamérica.

5.2.- El evento "El Niño" y la precipitación en la Cordillera de los Andes:

Existen numerosos trabajos en los que se presenta una recopilación de información sobre las características, intensidad y duración de los eventos "El Niño" y de los fenómenos asociados. Quinn W.H. y otros (1978) realizaron la recopilación de los datos históricos de los eventos, para el período 1726 a 1976 y la clasificación de los mismos de acuerdo a su intensidad, se muestra en la tabla(). Esta categorización fue posteriormente aceptada por diversos autores entre los que se cuentan Rasmusson y Carpenter (1983).

En el presente trabajo es utilizada como dato de entrada para medir la asociación entre rangos de la precipitación en Santiago de Chile y la intensidad del fenómeno "El Niño". La asociación se presenta como una tabla de contingencia, (tabla,) en la cual la precipitación se divide en cuartiles y los años se clasifican según el evento corresponda a intensidad muy débil (1), débil (2), moderado (3) y fuerte (4), aquellos años que no figuran en la clasificación de Quinn y otros (1978) se consideran años normales de evento no-Niño (0). El año 1977 correspondió según Ramage (1986) a un evento fuerte, de los años 1978 a 1981 no se tiene información que indique la ocurrencia del evento y los años 1982 y 1983 correspondieron a un evento "El Niño"

CLASIFICACION PRECIP. DE "EL NIÑO" INVERNAL (mm)	NO NIÑO	MUY DEBIL 1	DEBIL 2	MODERADO 3	FUERTE 4
0 ≥ pp. ≥ 200mm	1870 1916 1872 1924 1874 1938 1876 1945 1879 1955 1886 1960 1892 1964 1903 1967 1908 1968 1909 1979 1869 (21)	1875 1946 1975 (3)	1943 1969 (2)	1976 (1)	1911 1973 (2)
201mm pp. 282	1867 1920 1890 1931 1893 1933 1894 1935 1895 1947 1981 1950 1907 1956 1910 1961 1913 1962 1915 1971 (20)	1889 (1)	1866 1917 1923 (3)	1896 1939 1871 (3)	1925 (1)
283 pp. 371	1882 1942 1883 1949 1897 1952 1901 1954 1928 1959 1936 1966 1937 1970 1906 1978 1960 (17)	1948 (1)	1873 1932 1940 1951 (4)	1885 1912 1929 (3)	1878 1884 1918 1957 1958 1977 1983 (7)
372 pp. 762	1881 1898 1904 1921 1922 1927 1934 1974 (8)	1963 (1)	1944 (1)	1868 1880 1887 1888 1900 1902 1905 1914 1919 1930 1953 1965 (12)	1877 1891 1899 1926 1941 1972 1982 (7)
○ N° DE CASOS					

Tabla 18: Tabla de contingencia entre los fenómenos "El Niño" y la precipitación invernal (agosto-setiembre) en Santiago de Chile.

extremadamente intenso motivo de diversos trabajos entre los cuales se cuenta con la publicación de la WMO "The global climate system" .

En la tabla se observa un mayor número de años correspondientes al evento no-Niño (0) tuvieron precipitación menor que la mediana y corresponden al primer y segundo cuartil, a su vez son pocos los años no-niño con precipitación superior a la mediana. Viceversa, la mayor parte de los años de "El "Niño" fuerte ó moderado fueron años con precipitación de valores mayores a los 300mm. Es evidente una tendencia marcada a que los años en los que se produce el fenómeno existan también valores de precipitación , en Cordillera, superiores a los valores medios.

Analizando lo que ocurre en los años que escapan marcadamente de esta regla observamos que: 1911 clasificado como "El Niño" fuerte y de precipitación mínima , fue seguido por otro evento moderado en 1912 , año de precipitaciones superiores a la mediana (tercer cuartil) , el año 1973 de evento fuerte y precipitación mínima fue precedido en 1972 por otro evento fuerte y precipitaciones máximas correspondientes al cuarto cuartil y finalmente el año 1976 de evento moderado y precipitación del primer cuartil fue seguido en 1977 por otro evento "El Niño" posiblemente clasificable como fuerte y con precipitaciones correspondientes al tercer cuartil.

Así se tiene que los años de evento "El Niño" fuerte o moderado no presentan valores mínimos de precipitación en Cordillera, salvo algún año que es precedido ó antecedido por un evento fuerte ó moderado acompañado de valores de precipitación superiores a los medios . Sin embargo no es posible afirmar lo

contrario, pues en algunos años en los que no hubo indicios del evento se registraron valores máximos de precipitación, un ejemplo es el año 1974 que no es ni antecedido ni precedido por un evento, "El Niño".

A estas mismas conclusiones se puede arribar al observar la serie de los caudales de verano del río Mendoza de la figura en que están señalados los años de evento "el Niño" fuertes.

5.3- El evento "El Niño" y los campos de presión de superficie para el Cono sur de Sudamérica:

Los campos de presión de superficie del invierno, considerando como tal a los meses de Mayo a Agosto, son analizados para el período 1972 a 1983. Durante el mismo se registraron tres eventos del fenómeno "El Niño" de duración bianual, los mismos corresponden a los años 1972, 1973, 1976, 1977, 1982 y 1983, todos ellos catalogados como episodios fuertes (4) en especial 1982 y 1983 que resultaron anormalmente intensos.

Desde el punto de vista de la precipitación en la Cordillera de los Andes para el área entre 30°S y 40°S, los seis años de "El Niño" se pueden dividir en dos grupos. Los años 1972, 1977 y 1982 corresponden a valores de la precipitación superiores a la media y mediana según la serie de Santiago, y a registros de valores significativamente altos en toda esa área de la Cordillera, según la información de los periódicos respecto a la nieve acumulada a los costados de la ruta a Chile y en las pistas

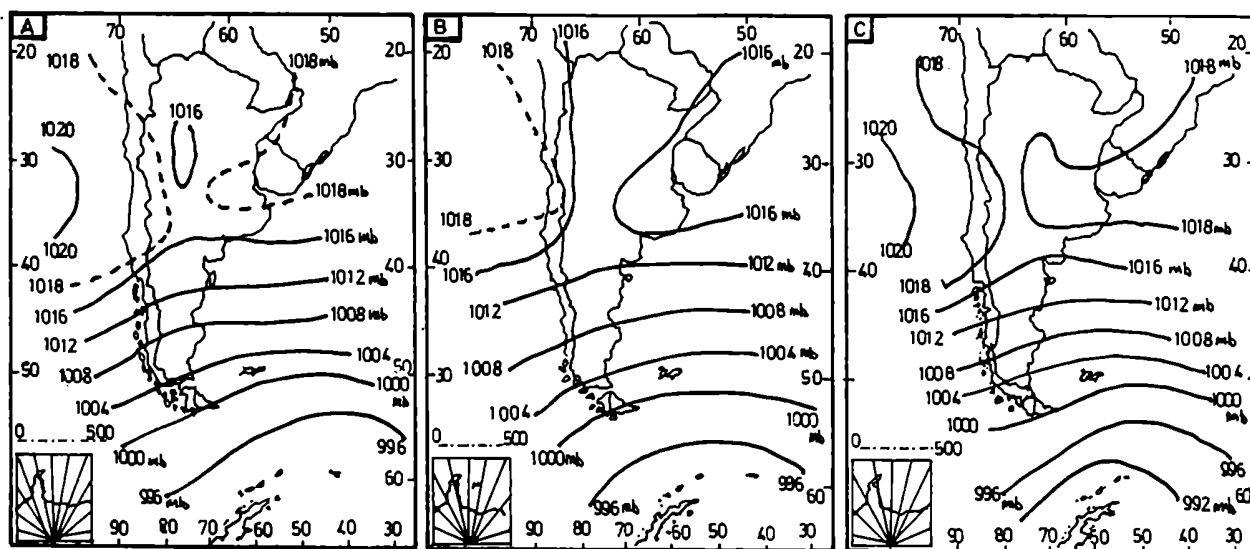


Figura 43: Campos medios de presión de superficie (A) Años no-Niño (NN); (B) Años de "El Niño" con precipitación mayor que la media en la cordillera (NP); (C) Años "El Niño" con precipitación menor que la media en cordillera (NSP).

MODELOS	A	B		C		D	
PRESION	BAJA	ALTA	BAJA	ALTA	BAJA	ALTA	BAJA
NP	54,38	9,40	7,18	2,46	4,65	2,11	4,41
NSP	61,81	9,07	5,18	2,62	3,58	1,57	2,88
NN	58,80	8,07	6,43	3,00	3,91	1,87	3,98

Tabla 19: Porcentaje de varianza medio explicado por los Modelos A, B, C y D para los casos con altas y bajas presiones en el área sombreada del análisis de los años sin evento de El Niño (NN), Niño con precipitación (NP) y Niño sin precipitación (NSP).

de sky . Los años 1973, 1976 correspondientes a valores mínimos de precipitación y el año 1983 con valores inferiores a la media y mediana de la serie.

Los años del período estudiado se dividen en tres grupos, el primero correspondiente a los años en que no se registró el evento se lo denomina (NN) años No-Niño y comprende a los años 1974, 1975, 1978, 1979, 1980 y 1981 , el segundo grupo correspondiente a los años en que se registró el fenómeno y hubieron fuertes nevadas en Cordillera (NP) año Niño con precipitación ,y que comprende a los años 1972, 1977 y 1982 y el tercer grupo con los 1973, 1976 y 1983 que corresponde a años de Niño con escasas precipitaciones en cordillera (NSP) denominado para abreviar, Niño sin precipitación.

Los tres campos medios de presión correspondientes a cada uno de los grupos se muestran en la figura (43). El campo medio de los años (NN) en que no se registró el fenómeno representaría las condiciones normales, y es tomado como referencia. Los años de Niño con intensas nevadas en la Cordillera (NP) presentan un menor índice de circulación zonal ó lo que es lo mismo, un menor gradiente de presión sobre la Patagonia, que los años (NN). Esta característica está acompañada por menores presiones al norte del paralelo 40°S , y los anticiclones semipermanentes del Atlántico y Pacífico Sur presentan menores presiones en los años (NP) que en condiciones normales. Esta última propiedad es coincidente con la disminución de las presiones en el área de Isla de Pascua que se observa en los evento "El Niño" a la que se hizo referencia anteriormente . Los años Niño que presentan mínima precipitación en Cordillera (NSP) opuestamente tienen mayores

gradientes sobre Patagonia que los años (NN) y al norte del paralelo 40°S las presiones son mayores que las normales. Estos resultados indican que los años (NP) y los años (NSP) representan no sólo anomalías de la precipitación en Cordillera de signos opuestos, (NP) máximos de precipitación y (NSP) mínimos de precipitación, sino que corresponden a anomalías de signos opuestos del campo de presión de superficie.

Los campos béricos diarios de superficie de cada uno de los inviernos se analizaron utilizando componentes principales y los modelos o prototipos resultantes se muestran en la figura (14) y la tabla (19) sintetiza los resultados de la varianza explicada por cada modelo según sus dos posibilidades, altas ó bajas presiones para las perturbaciones que aparecen sombreadas en la figura .

En la tabla (19) se presentan los valores promedio, para cada uno de los tres grupos de años, de la varianza explicada por los primeros cuatro modelos y sus inversos. En general estos resultados confirman la hipótesis de que los grupos de años (NP) y (NSP) representan anomalías de signo opuesto respecto a los años considerados como normales o no-Niño (NN). Tenemos así que el modelo A correspondiente a la primer CP , que representa una circulación similar al campo medio (ver figura 14A), explica en promedio para el grupo (NN) 58.80% de la varianza mientras que para el grupo de años (NP) explica menor varianza, 54.38% , resultado que concuerda con el campo medio de esos años que muestra menor índice de circulación . A su vez para el grupo de años (NSP) este modelo explica 61.81% de la varianza , ó sea mayor varianza que la explicada en los años (NN), y coincide con

el campo medio que tiene mayor índice de circulación que el normal.

Los modelos B, C y D para el caso de bajas presiones en el área sombreada (figuras 14B, C y D), corresponden a perturbaciones son asimilables a pasajes frontales sobre el área, como es posible ver con detalle en la sección de análisis de campos de presión de superficie. En los tres casos es mayor el porcentaje de varianza explicado en el grupo de años (NP) que en los años normales (NN) y es mínimo el valor para los años (NSP). Esto significaría una frecuencia superior a la normal de pasajes de frentes durante los años (NP) y frecuencias menores que las normales durante los años (NSP).

El modelo B con altas presiones en el área sombreada (figura 14B) corresponde a la típica situación de invierno del anticiclón frío sobre la Patagonia que afecta a toda el área provocando irrupciones de aire polar, en este caso tanto los años (NP) como los años (NSP) tienen mayor porcentaje de varianza explicado por esta situación, que los años (NN) normales, siendo el máximo el de los años (NP).

Los modelos C y D para altas presiones en el área sombreada, vuelven a mostrar las características opuestas de los grupos de años (NP) y (NSP) respecto a los (NN) que muestran valores medios.

Estos resultados del análisis de los campos de presión diarios para el cono sur de Sudamérica indican, que estos eventos "El Niño" de duración bianual en realidad representan dos anomalías sucesivas de signos opuestos entre sí, en cuanto a la circulación de superficie en el área y el fenómeno de

precipitación en la Cordillera de los Andes para latitudes entre 30°S y 40°S.

6._ CONCLUSIONES GENERALES:

Las Componentes Principales, frente a otras técnicas de clasificación, han mostrado mejores resultados para la representación sintética y el análisis de variabilidad de los campos de presión de superficie, que sirvan para el desarrollo de métodos de diagnóstico y pronóstico.

Las estructuras de los modelos teóricos obtenidos, se mantiene constante independientemente de la escala temporal analizada. En otras palabras, los modelos fueron los mismos para cada uno de los meses estudiados y para el conjunto de los meses en su totalidad, llamado invierno, ya sea para la muestra de doce años en conjunto ó para cada una de las muestras anuales independientemente consideradas. Esto implica que el problema del diagnóstico y pronóstico queda casi centrado en la distribución ó varianza explicada por los modelos en cada unidad de tiempo considerada.

El campo medio, representado por la estructura del modelo A, explica en casi todos los casos la mitad de la variabilidad total. Esto explica la necesidad de su filtrado en los métodos de pronóstico ó verificación de los mismos, aunque en algunos casos su mayor peso tiene valor de pronóstico en sí. Es la situación de los meses en que es alta la relación entre la varianza explicada por este modelo y la precipitación, un ejemplo con $r = -0.95$ para el mes de Agosto.

La teoría de CPs permite obtener la varianza explicada por

cada modelo. Mediante el procedimiento propuesto en este trabajo fue posible desglosarla en el aporte que a ella hacen cada una de las dos posibilidades de los modelos. Estos resultados muestran una característica más específica de la variabilidad de los campos de presión de superficie, y es que cada modelo representa preferentemente una de las dos posibilidades.

A su vez es posible así relacionar la precipitación con las perturbaciones del campo medio, según su naturaleza sinóptica. Vemos por ejemplo, que la varianza del modelo B, con altas presiones en el área sombreada, está directamente relacionada con la precipitación en los meses de Junio y Agosto, mientras que en Julio sólo lo está el modelo B para el caso con bajas presiones.

Los resultados de la correlación lineal entre la varianza explicada por cada modelo en sus dos posibilidades y la precipitación, demuestran que los campos de presión de superficie no explican totalmente la variabilidad de la misma. Además, cada uno de los principales modelos con su situación sinóptica asociada tiene distinto grado de dependencia con la precipitación en cada uno de los meses ó con el invierno en su totalidad.

Es conocida la relación entre la Oscilación Sur/El Niño y la precipitación en la Cordillera de los Andes entre 30°S y 40°S. Aquí se encontró que esta relación se manifiesta también en la estructura de los campos de presión de superficie. En años de El Niño en los cuales se registran altos valores de precipitación en Santiago, se tienen bajos índices de circulación sobre la Argentina, con gradientes menores, que en años en que no se

registra el fenómeno, sobre la Patagonia . Los porcentajes de varianza explicados por el modelo A son menores en los años Niño, mientras que son mayores los porcentajes de varianza explicados por los modelos B y D en sus dos posibilidades y el modelo C para bajas.

Finalmente, es posible concluir que la variabilidad de los campos de presión de superficie en el Cono Sur de Sudamérica explica parte de la variabilidad de la precipitación en la Cordillera de los Andes entre 30°S y 40°S representada por la serie de Santiago de Chile, y está relacionada con la Oscilación Sur / El Niño.

Rosa H. Compagnucci

M. Rojas

BIBLIOGRAFIA

- _ Anderson P., 1967 : An investigation of European statistical weather types. Godske (ed) Further studies of Statistical Meteorology. University of Bergen, pp.58-80.
- _ Barros V.R. y Rodriguez Seró, 1981 : Measurement Strategies: use of short observation records for estimating the anual wind variation. Proceeding of the International Wind Energy Colloquium on Wind Energy Association, 27-28 Aug. 1981.
- _ Barry R.G. y A.H. Perry, 1973 : Synoptic Climatology Methods and Applications. London, Great Britain, Methuen, pp.555.
- _ Barry R.G. , G. Kiladis y R.S. Bradley, 1981 : Synoptic climatology of the Western United States in relation to climatic fluctuations during the twentieth century. Journal of Climatology, Vol. 1, pp. 97-113.
- _ Baur F., 1947 : Musterbeispiele Europäischer Grosswetterlagen. Wiesbaden, Dieterich, pp.35.
- _____, 1948 : Einführung in die Grosswetterkunde. Wiesbaden, Dieterich, pp.165.

- _ Benitez, 1973 : Análisis probabilístico de la variación de la precipitación de Santiago a lo largo del tiempo, Jornadas Científico-tecnológicas "El agua y el futuro regional", Mendoza, pp.59-60-3.

- _ Bilham E.G., 1938 : The climate of the British Isles. London, Mc Millan, pp.347.

- _ Bjerknes J., 1966 : A possible response of the atmospheric Hadley circulation to equatorial anomalies of ocean temperature. Tellus, Vol. 18, pp. 820-829.

- _ Blasing T.J., 1975 : A comparison of map-pattern correlation and principal component eigenvector methods for analyzing climatic anomaly patterns. Am. Met. Soc., Preprints "Fifth Conference Probability and Statistics", pp. 96-101.

- _ Boninsegna J. y R. Compagnucci, 1979 : Estudio de la distribución de la precipitación en la Región Cuyana mediante el uso de componentes principales de la varianza. "X Reunión Científica de la Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas"

- _ Cattell R.B. y W. Sullivan, 1962 : The scientific nature of factors: A demonstration by cups of coffee. Behavioral Scie. Vol.7, pp. 184-193.

- _ Cattell R.B., 1966 : The scree test for the number of factors. Multivariate Behavioral Res. Vol.1, pp.245-276.

_ Caviades C., 1974 : Climatic Hazards in tropical and subtropical South America, "59 Conference of Latin Americanist Geographers" , Boca Raton, Florida.

_ Cobos D. y J. Boninsegna, 1983 : Fluctuations of some glaciers in the Upper Atuel river basin, Mendoza, Argentina. Quaternary of South America and Antarctic Peninsula. Vol. 1, pp. 61-82.

_ Compagnucci R. y J. Boninsegna, 1979 : Estudio de la serie de precipitación del Observatorio Meteorológico de la ciudad de Mendoza. Informe de las primeras experiencias de ajuste de defensa, temporada granicera 1978-79. Programa Nacional de Lucha Antigranizo. CNIE, pp. 19-39.

_____ y A.M.R. de Peña y Lillo, 1984 : Alternativas de aplicación del análisis factorial acorde al problema de investigación y la naturaleza de los datos. Comunicación efectuada en las " Octavas Jornadas de Investigación" Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, 29 al 31 de Octubre. Resúmenes.

_____, L. Fornero y W.M. Vargas, 1985 : Algunos métodos estadísticos para tipificación de situaciones sinópticas: discusión metodológica. Geoacta, Vol. 13, N91, pp. 43-55.

_____ y W.M. Vargas, 1985a : Tipificación de los campos béricos de superficie para Julio 1972 a 1977. Análisis por componentes principales no-rotadas. Geoacta, Vol.13, N91, pp.57-70.

_____, 1985b : Regionalización del campo de presión del mes de Julio para la parte austral de Sudamérica. Geoacta, Vol. 13, Nº 1, pp. 71-79.

_____, 1986 : Patterns of surface pressure field during July 1972 to 1983 in Southern South America and Antarctic Peninsula. Comunicación del " Third International Conference on Statistical Climatology", Viena Austria.

_____, 1987a : Variability between two consecutive periods of the winter patterns on the Southern Cone of South America. Am. Met. Soc. Preprints "Tenth Conference on Probability and Statistics in Atmospheric Science" pp. 218-223.

_____, 1987b : Variabilidad de los campos de presión a nivel del mar y su relación con la precipitación en la Cordillera de los Andes Centrales. Comunicación del " V Congreso Argentino de Meteorología" . Buenos Aires, Argentina.

_ Cooley W.W. y P.R. Lohnes, 1971 : Multivariate Data Analysis. Jhon Wiley and Sons. U.S.A. pp. 364.

_ CORFO, 1971 : Pluviometría de Chile, Anexo I, Estadística Pluviométrica, Departamento de Recursos Hídricos, CORFO, Chile.

_ Corte A.E. y L.E. Espizua, 1981 : Inventario de glaciares de la cuenca del Rio Mendoza. Instituto Argentino de Nivología y

Glaciología, CONICET, Mendoza, pp.64.

_ Craddock J.M., 1965 : A meteorological aplication of principal component analysis. The Statistician, Vol.15, Nº2, pp.143-156.

_____ y C.R. Flood, 1969 : Eigenvectors for representing the 500 mb. geopotential surface over the Northern Hemisphere. Quart. J. Royal Met. Soc., Vol.95, pp. 576-593.

_____, 1973 : Problems and Prospects for Eigenvectors Analysis in Meteorology. The Stadistician, Vol.22, pp.133-145.

_ Cuadras C.M., 1981 : Métodos de Análisis Multivariante. Ed. Universitaria de Barcelona. EUNIBAR, Barcelona, España, pp.639.

_ Daly K.W., 1978 : Winter precipitation forecasting for Sunshine Village. Banff National Park. Proceedings of a Workshop Held in Banff, Alberta, 1-4 Nov. 1976, Avalanche Control, Forecasting and Safety.

_ De Fina A.L. y L.J. Sabella, 1958 : La predicción de las áreas de lluvia por el nuevo método casi objetivo DRF. Buenos Aires, Instituto de Suelos y Agrotecnia, Publicación Nº 61, Revista de Investigaciones Agrícolas, Tomo 12, Nº 3, pp.297.

_____ y C. Ravelo, 1973 : Climatología y fenología agricolas. Buenos Aires, EUDEBA, pp.281.

- _ Ereño C.E. y J.A.J. Hoffmann, 1978 : El régimen pluvial en la Cordillera Central. Buenos Aires. Cuadernos de Geografía, Nº5, Facultad de Filosofía y Letras, UNBA, pp. 36.

- _ Farmer S.A., 1971 : An investigation into results of principal component analysis of data derived from random numbers. The Statistician, Vol. 20, Nº 4, pp.63-72.

- _ Gnānadesikan, 1977 : Methods for statistical data analysis of multivariate observation. Jhon Wiley and Sons, New York, U.S.A., pp.310.

- _ Gold E., 1920 : Aids to forecasting: types of pressure distribution, with notes and tables for the fourteen years 1905-1918. Londres, Geophys. Mem. Vol. 2, Nº 16, pp.149-174.

- _ Green P.E., 1978 : Analyzing Multivariate Data. The Dryden Press. Illinois, U.S.A., pp.519.

- _ Gregory S., 1964 : Climate. The British Isles : a systematic geography. Watson J.W. and Sissons J.B. (eds.). London, Nelson, pp.53-73.

- _ Grimmer M., 1963 : The space-filtering of monthly surface temperature anomaly data in terms of pattern, using empirical orthogonal functions. Q.J. of the R.Met.Soc., Vol.89, pp.395-408.

- _ Harman H.H., 1980 : Análisis factorial moderno. Ed. Saltés, Madrid, España, pp.531.

- _ Hartranft F.R., J.S. Restivo y R.C. Sabin, 1970 : Computerized map typing procedures and their applications in the development of forecasting aids. "4th Weather Wing", Aerospace Sciences Division Tech. Paper 70-2, Ent. Air Force Base, Colo. pp.57.

- _ Hoffmann J., 1968 : Pronóstico del tiempo a largo plazo. Primeras Jornadas de Nivo-Glaciología. Mendoza.

- _ Houghton J.G., 1969 : Characteristics of rainfall in the Great Basin. Reno, Desert Res. Inst. Univ. of Nevada, pp.205.

- _ IMSL, 1980 : International Mathematical and Statistical Library. Fortran Subroutines for Mathematics and Statistics Problem Solving Software System. Coustomer Relations, Texas, U.S.A.

- _ Jenkins y Watts, 1968 : Spectral Analysis and its Applications. San Francisco, U.S.A., Holden-Day, pp.552.

- _ Jornadas Científico-tecnológicas, 1973 : "El agua y el futuro regional ". Mendoza, Disponibles en SECECOM, CRICYT-ME, Mendoza.

- _ Kaiser H.F., 1959 : The Application of Electronic Computers to Factor Analysis. Symposium on the Application of Computer to Psychological Problems, Am. Psychological Association.

- _ Kleinbaum D.G. y L.L. Küpper, 1978 : Applied Regression Analysis and Other Multivariable Methods. Duxbury Press, pp.555.

- _ Kutzbach J.E., 1970 : Large-scale features of monthly mean Northern Hemispheric anomaly maps of sea-level pressure. Mon. Wea. Rev., 98(9), pp.708-716.

- _ La Marche V., 1975 : Potential of tree rings for reconstruction of past climate variations in the Southern Hemisphere, W.M.O., Proc. of the WMO/JAMP Symp. on Long-Term Climatic Fluctuations, Norwich, 18-23 of August 1975, pp.21-30.

- _ Lamb H.H., 1972 : Climate : Present, Past and Future, Vol. 1, Fundamentals and Climate now. Ed.Methuen and Co.,London,pp.613.

- _ Lichtenstein E.R., 1980 : La depresión del Noroeste Argentino. Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Meteorología. Buenos Aires. Argentina.

- _ Lorenz E.N., 1956 : Empirical orthogonal functions and statistical weather prediction. Scientific Report Nº 1. Statistical Forecasting Project. Mass. Inst. of Technology. Departament of Met. Cambridge. Mass.

- _ Lund I.A., 1963 : Map-pattern classification by statistical methods. J. Appl. Met., Vol. 2, pp. 56-65.

_ Llorent M.L.D. de y G.V. Necco, 1979 : Resultados preliminares de la aplicación de funciones ortogonales empíricas a radiosondeos de la República Argentina. Meteorológica, Vol.X, Nº 2, pp.33-42.

_____, 1983 : Determinación de campos típicos de presión . Resultados preliminares. Meteorológica, Vol.XIV, Nº 1 y 2, pp. 189-198.

_ Mc'Quitty, 1957 : Elementary linkage analysis for isolating orthogonal and oblique types and typal relevancies. Educational and Psychological Measurement, Nº 17, pp. 207-229.

_ Menegazzo de Garcia M.I. y S.M. Radicella, 1982 : variación climática hidrológica en la región cordillerana andina. Buenos Aires, CAM, Meteorológica, Vol.13, Nº 1, pp. 49-61.

_ Minetti J.L., 1985 : Precipitación y escurrimientos superficiales de rios andinos. GEOACTA, Vol.13, Nº 1, pp167-179.

_____, S.M. Radicella, M.I. Menegazzo de Garcia y J.C. Sal Paz, 1982 : La actividad anticiclónica y las precipitaciones en Chile y en la zona Cordillerana Central Andina. Instituto Panamericano de Geografía e Historia.Geofísica,Vol.16,pp.145-157.

_____ y E.M. Sierra, 1987 : The influence of General

Circulation patterns on humid and dry years in the Cuyo Andean Region of Argentina. Presentado y aprobado para su publicación en el Journal of Climatology. Roy. Met. Soc. Inglaterra.

_ Mitchell J.M., B. Dzerdzeevskii, H. Flohn, W.L. Hofmeyr, H.H. Lamb, K.N. Rao y C.C. Wallen, 1966 : Climatic Change. Nota Tecnica Nº 79. O.M.M.

_ Nicolini M. y F. Norte, 1980 : Characteristics of Mendoza hailstorms and their environment. Proc. "Third WMO Scientific Conference on Weather Modification", Clermont Ferrand, Francia, WMO, Vol.2, pp.641-648.

_ Noble B. y J.W. Daniel, 1977 : Applied Linear Algebra. Prince Hall, New Jersey, U.S.A., pp.477.

_ North G.R., T.L. Bell, R.F. Cahalan y F.J. Moeng, 1982 : Sampling errors in the estimation of Empirical Orthogonal Functions. Monthly Weather Review, Vol. 110, pp.699-706.

_ Paegle J.N., 1974 : Prediction of precipitation probability based on 500 mb. flow types. J. of Appl. Meteor., Vol.13, pp.213-220.

_ Perry A.H., 1968 : The regional variation of climatological characteristics with synoptic indices. Weather, Nº23, pp.325-330.

_ Philander S.G., 1983 : El Niño Southern Oscillation phenomena.

Nature, Vol.302, pp.295-302.

_ Pick W.H., 1929 : The persistence of types of pressure distribution over the British Isles in winter. Quart. J.R. Met. Soc., Vol. 55, pp.403-404.

_ Pick W.H., 1930 : The persistence of types pressure distribution over the British Isles in summer. Quart. J. R. Met. Soc., Vol. 56, pp.82-84.

_ Pittock A.B., 1980 : Patterns of Climatic Variations in Argentina. I Precipitation, II Temperature. Monthly Weather Review, Vol. 108, Nº 9, pp.1347-1361.

o

_ "Primeras Jornadas de Nivo-Glaciología", 1969 : Copias Taquigráficas disponibles en SECECOM del Centro Regional de Investigaciones Científicas y tecnológicas, Mendoza, Argentina.

_ Quinn W.H., D.D. Zopf, K.S. Short y R.T.W. Kuo Yang, 1978 : Historical trends and statistics of the Southern Oscillation, El Niño, and Indonesian Droughts, Fishery Bulletin, Vol.76, Nº 3, pp.663-678.

_ Quinn W. y V. Neal, 1983 : The Southern Oscillation and Climatic Changes Along the West Coast of South America. "Proc. Seven Annual Climate Diag." . Workshop NCAR, Octubre 1982.

_ Ramage C.S., 1986 : El Niño. Scientific American, June 1986,

pp.76-83.

_ Rasmusson E.M. y T.H. Carpenter, 1982 : Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño. Monthly Weather Review, Vol.110, N95, pp.354-383.

_____ y T.H. Carpenter, 1983 : The relationship between Eastern Equatorial Pacific Sea Surface temperatures and rainfall over India and Sri Lanke. Monthly Weather Review, Vol.111, N93, pp.517-528.

_____ y J.M. Wallace, 1983 : Meteorological Aspects of the El Niño/Southern Oscillation. Science, 16 Dec., Vol. 222, N94629, pp. 1195-1202.

_ Richman M.B., 1980 : Map typing patterns associated with potential urban enhanced precipitation. M.S. Thesis. University of Illinois, Urbana, pp. 123.

_____, 1981 : Rotated principal components : An improved meteorological map typing technique?. Journal of Applied Met., Vol. 20, pp. 1145-1159.

_____, 1983 : Rotation of Principal Components in Climatological Research. Part II : How the various analytic simple strusture rotations on the major statistical package compare on different types of data. Boston, U.S.A., Am. Met. Soc., Preprints

"Eighth Conference on Probability and Statistics in Atmospheric Sciences"., pp.115-124.

_____, 1986 : Rotation of principal components. Journal of Climatology, Vol. 6, pp.293-335.

_ Stidd Ch.K., 1967 : The use of eigenvectors for climatic estimates. Am. Met. Soc. , Journal of Appl. Met., Vol.6, pp.255-267.

_ Sturman A.P., 1979 : Aspects of the synoptic-climatology of southern South America and the Antarctic Peninsula. Weather, Vol.34, N96, pp.210-223.

_ Van Bebber W.J. y W. Köppen, 1895 : Die Isobaren Typen des Nordatlantischen Ozeans und Westeuropas, ihre Beziehung zur Lage und Bewegung der Barometrischen Maxima und Minima. Hamburg, Arch. dtsch. Seewarte, Vol.18, N94, pp.27.

_ Vargas W.M., 1987 : Analysis of South American Baric field patterns in three cases of biannual El Niño events. Preprints "Tenth Conference on Probability and Statistics in Atmospheric Science". Am. Met. Soc. pp.224-228.

_____ y R. Compagnucci, 1983a : Factibilidad de análisis de los campos de presión en América del Sur mediante el uso de autovectores y autovalores. Parte 1: Estudio de sensibilidad

mediante una muestra simulada. Meteorológica., Vol.XIV, Nº1 y 2, pp.199-209.

_____, 1983b : Tipificación de campos de presión usando autovalores y autovectores. Preprints "First International Conference on Southern Hemisphere Meteorology" Sao Jose Dos Campos, Brasil, Am. Met. Soc., pp.206-209.

_____, 1983c : Metodological aspects of principal component analysis in meteorological fields. Proceedings "II International Meetings on Statistical Climatology", Lisboa, Portugal, Instituto Nacional de Meteorologia y Geofísica, pp.5.3.1-5.3.9.

_____, 1986 : Homogeneous subregions according surface pressure variability during July in Southern Suth America and Antarctic Peninsula. "Third International Conference on Statistical Climatology" June 23-27, Viena, Austria.

_ Wadsworth G.P., C.H. Gordon y J.G. Bryan, 1948 : Short range and extended forecasting by statistical methods. Air Weather Service Tech. Rep. 105-38 Washington D.C., pp.207.

_ Walker G.T., 1924 : Correlation in seasonal variations of weather, IX, A further study of world weather. Mem. India Meteor. Dept., Vol. 24, pp.275.

_ Wallace J.M., 1972 : Empirical orthogonal representation of time series in the frequency domain. Part I : Theoretical consideration. Journal of Appl. Met., Vol. 111, N96 , pp.887-892.

_ W.M.O., 1966 : Statistical analysis and prognosis in meteorology. Organización Meteorológica Mundial, Nota Técnica N971, pp.197.